



# Reporte Final de Estadía

David Israel Schettino García

Incremento de acreditación de soporte de  
rueda trasero en Volkswagen



# Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo de Ingeniería en Mantenimiento  
Industrial

Reporte que para obtener su título de Ingeniería en  
Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa:

Escantillones Tec

Nombre del Asesor Industrial:

Ing. German Lino Mateos

Nombre del Asesor Académico:

Ing. Rafael Martínez Meneses

Cuitláhuac, Ver., a 6 de Abril de 2018

## Contenido

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO 1 .....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1 Análisis de la situación actual de la empresa .....	4
1.2 Objetivos .....	5
1.3 Justificación del Proyecto .....	6
1.4 Limitaciones y Alcances .....	7
CAPÍTULO 2 .....	8
DATOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	8
2.1 Datos generales de la empresa .....	8
CAPÍTULO 3 .....	11
MARCO REFERENCIAL .....	11
3.1 Marco de Antecedentes .....	11
3.2 Marco teórico .....	12
3.3 Marco Legal .....	44
CAPÍTULO 4 .....	46
DESARROLLO DEL PROYECTO DE ESTADÍA .....	46
4.1 Recopilación y organización de la información .....	46
4.2 Análisis de la información .....	52
4.3 Propuesta de solución .....	60
4.4 Desarrollo del proyecto .....	62
CAPÍTULO 5 .....	81
RESULTADOS .....	81
5.1 Resultados .....	81
CONCLUSIONES .....	83

ANEXOS .....	84
REFERENCIAS .....	90
Fig. 1 Pintado de piezas automotrices .....	11
Fig. 2 Piezas que conforman un vehículo, cada pieza puede ser un proveedor .....	12
Fig. 3 Tratamiento para el pintado .....	14
Fig. 4 Corrosión en tambor de freno .....	16
Fig. 5 Protección por pintura .....	17
Fig. 6 Protectores bajos .....	20
Fig. 7 Corrosión superficial .....	21
Fig. 8 Corrosión externa .....	21
Fig. 9 Corrosión interna .....	22
Fig. 10 Puntos de oxido .....	23
Fig. 11 Uso de resina acrílica en pintado .....	24
Fig. 12 El nivel de toxicidad hace que los operadores se protejan .....	25
Fig. 13 Contaminación de la industria .....	26
Fig. 14 Diferencias entre pinturas .....	27
Fig. 15 Pintado Ecoat .....	30
Fig. 16 Caliper con pintura anticorrosiva .....	35
Fig. 17 Aplicación de pimer activo .....	38
Fig. 18 Wash primer .....	39
Fig. 19 Protección catódica y anódica .....	40
Fig. 20 Bolsa VCI anticorrosiva .....	42
Fig. 21 Fundición de acero.....	53
Fig. 22 Empaquetado de las piezas.....	57
Fig. 23 Volkswagen de México .....	63
Fig. 24 Soporte de rueda trasero de Hitachi.....	65
Fig. 25 Jetta A6 .....	66
Fig. 26 Proceso de fundición de Hitachi .....	68
Fig. 27 Proceso de Hitachi .....	69
Fig. 28 Transporte de piezas.....	70
Fig. 29 Seglo y servimsa.....	70
Fig. 30 Inspección visual de las piezas .....	71
Fig. 31 Laboratorios de prueba de materiales .....	72
Fig. 32 Ejemplo de óxido en soporte de rueda .....	72
Fig. 33 Proceso Ecoat .....	75
Fig. 34 antes del protección con Ecoat .....	77
Fig. 35 Después de Ecoat.....	77
Fig. 36 Después de 48 horas de ambiente salado .....	78
Fig. 37 Después de 72 horas con humedad .....	78
Fig. 38 Empaque con bolsa VCI anticorrosiva .....	79

Tabla 1 Serie galvánica .....	32
Tabla 2 Limite permisible COVs .....	45
Tabla 3 Datos del estado de las piezas obtenidos durante el proyecto .....	47
Tabla 4 ejemplo de la tabla en la que se tomaron los datos pallet por pallet .....	48
Tabla 5 Proceso actual de pintado soporte de rueda .....	50
Tabla 6 Nuevo proceso, pintado Ecoat .....	50
Tabla 7 composición química de resina epoxica .....	51
Tabla 8 composición química Ecoat .....	52
Tabla 9 9 Repartición de turnos línea LICON .....	67
Tabla 12 Análisis AMEF realizado .....	73
Tabla 13 Resultados de las pruebas de pintura .....	76
Tabla 14 Estado de piezas semana 14 .....	80
Grafica 1 Estado de piezas de Hitachi .....	47
Grafica 2 Porcentaje global de piezas OK-NOK de todos los datos .....	48
Grafica 3 Resultados de un folio individual auditado .....	49
Grafica 4 Promedio de temperaturas en Lawrenceville, Pensilvania .....	56
Grafica 5 Promedio de humedad relativa en Lawrenceville, Pensilvania .....	56
Grafica 6 Promedio de temperaturas en Puebla, Mex. ....	58
Grafica 7 Promedio de humedad relativa en Puebla, Mex. ....	58
Grafica 8 Piezas acreditables mes de abril .....	81
Grafica 9 Porcentajes de acreditación semana 14 .....	82
Ilustración 1 Proceso de pintado regular Ecoat .....	28
Ilustración 2 Diagrama de causa efecto .....	54
Ilustración 3 Layout de áreas de interes .....	64

## RESUMEN

Escantillones Tec es una empresa prestadora de servicios para los proveedores de grupo Volks Wagen de México, uno de sus clientes es la empresa norteamericana Hitachi metals Automotive components ubicada en Lawrenceville Pensilvania, fabricante de distintas piezas automotrices, uno de sus aportes a la ensambladora es el soporte de rueda trasero (pieza perteneciente al chasis) de los modelos golf y jetta, pieza que requiere un análisis por que ha presentado defectos de pintura y corrosión en piezas que sufren daños durante el pintado, el traslado y almacenamiento, ya sea por vibraciones y rozas entre piezas o por las condiciones ambientales que se presentan en la travesía de las piezas, para solucionar esos problemas Hitachi se apoya de la empresa para evaluar la condición de las piezas y obtener sugerencias de cómo evitarlos.

El objetivo de este proyecto es aumentar el número de acreditación de soportes de rueda de Hitachi en Volkswagen para evitar posibles pérdidas para el proveedor.

## INTRODUCCIÓN

La industria automotriz hoy en día se ha tornado en una de las principales industrias con más utilidades de todo el mundo, el nivel de calidad de esta se determina por el nivel de calidad de los proveedores, que surten las piezas de ensamble de las carrocerías, día con día se van creando áreas de oportunidad que requieren de atención, hacer caso omiso a las exigencias que cotidianamente se van presentando principalmente de parte de grupo Volkswagen puede significar la quiebra o la pérdida de miles de dólares de parte del proveedor.

Escantillones Tec es una empresa prestadora de servicios para los proveedores de grupo Volkswagen de México, las oficinas se ubican en el municipio de San Pedro Cholula, Puebla, dicha empresa ofrece un servicio de intercesión entre proveedor y cliente a la hora de presentarse un problema con las piezas automotrices ya sea por defecto de fábrica, empaquetado, transporte u error operativo en planta, también puede ayudar con temas de apoyo y sugerencias de cómo mejorar procesos o evitar fallas.

En el año 2018 Hitachi presenta defectos en la pintura de sus soportes de ruedas fabricados en Lawrenceville Pensilvania y maquinados en la ensambladora, dichos defectos terminan volviéndose oxido superficial en las piezas, por lo que VWM no las acepta para su maquinado, llegando hasta un 45% de producto dañado por oxido de cada folio, cada embarque tiene un valor de 35000 dólares por lo que se está jugando mucho dinero en estas fallas, además la pintura utilizada por Hitachi ya no es compatible con las normas ambientales de VW.

El envío de estas piezas es por vía terrestre y dura de 19 a 21 días en promedio, durante este viaje las piezas pasan por distintas zonas, condiciones ambientales y efectos en el transporte que propician los defectos de pintura de las piezas.

Al mes se procesan cerca de 15000 piezas de soporte de rueda en VW, la mayoría para su exportación o línea serie (refacciones y proyectos de ensamble).

Con la propuesta de incluir en los envíos materiales que aíslen ambientes corrosivos de las piezas y cambio de pintura, se pudo aumentar en gran cantidad el porcentaje de piezas acreditables para maquinarse y exportarse en VW, disminuyendo de un 45% hasta un 6% las piezas en mal estado de cada folio.



# CAPÍTULO 1

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Análisis de la situación actual de la empresa

Escantillones Tec es una empresa prestadora de servicios para los proveedores de grupo Volkswagen de México, empresa líder en la industria automotriz, las oficinas se ubican en el municipio de San Pedro Cholula, Puebla, dicha empresa ofrece un servicio de garantía de piezas y de intercesión entre proveedor y cliente a la hora de presentarse un problema con las piezas automotrices ya sea por defecto de fábrica, empaquetado, transporte u error operativo en planta.

Debido a las exigencias que se van presentando día con día en el sector automotriz, el proceso de mejora continua tanto de parte del proveedor como de la planta ensambladora, va creando áreas de oportunidad que requieren de atención, hacer caso omiso a las exigencias que cotidianamente se van presentando principalmente de parte de grupo Volkswagen puede significar la quiebra o la pérdida de miles de dólares de parte del proveedor.

#### **Planteamiento del problema**

Uno de los clientes de Escantillones Tec es la empresa norteamericana Hitachi metals Automotive components, fabricante de distintas piezas automotrices, uno de sus aportes a la ensambladora es el soporte de rueda trasero (pieza perteneciente al chasis) de los modelos golf y jetta, que requiere de un análisis por que ha

presentado defectos de pintura y oxido en algunos paquetes que sufren daños durante el traslado debido a vibraciones, rozas entre piezas y condiciones ambientales que afectan el empaque, ya en volkswagen la pintura se ve delgada, frágil y con oxido superficial, de tal modo que se desprende fácilmente de las piezas, en algunos casos, las piezas vienen raspadas a tal punto de verse el hierro colado de manufactura, además Hitachi requiere dar un seguimiento al scab producido por estos defectos y finalmente también se busca reemplazar la pintura toxica utilizada normalmente por una pintura ecológica que presenta más beneficios de protección contra corrosión y humedad (según un estudio realizado por Hitachi Metals / Waupaca Foundry ), todo lo anterior basándose en la norma del grupo Volkswagen TL 260 “Paint Coating of Metal surfaces”.

¿Cuáles son los factores que hacen que la pintura venga en mal estado?

## 1.2 Objetivos

### **Objetivo General:**

Aumentar el número de acreditación de soportes de rueda de Hitachi en Volkswagen para evitar posibles pérdidas para el proveedor mediante un estudio que revele las causas de las fallas en la pintura.

### **Objetivos Específicos:**

- Identificar las fallas de pintura de los soportes de rueda de Hitachi mediante diagramas de causa y efecto y análisis AMEF para proponer distintos

métodos de rescate de piezas que sean aceptadas por la normatividad Volkswagen.

- Escoger el método de más conveniente tanto para Hitachi como para Volkswagen mediante un análisis económico y técnico que garantice la pieza para su recuperación dentro de planta.
- Evaluar el método seleccionado mediante una auditoria del producto para determinar si dicho método ayudara a acreditar más piezas de Hitachi.
- Estandarizar el método seleccionado para poder rescatar un mayor número de soportes de rueda y aumentar las ventas de Hitachi.

### 1.3 Justificación del Proyecto

Acreditar un mayor número de piezas de soporte de rueda de Hitachi metals automotive components en Volkswagen ayudara a incrementar sus ganancias y reducir sus costos de reenvió o de destrucción de piezas por parte de VW, además de que evitar el reclamo de piezas por defecto en Volkswagen puede también advertir un posible rechazo de embarques de hitachi cuyo costo es de \$35000 dólares solamente del precio de producto sin incluir el transporte de Texas a México, también se puede evitar exponer al proveedor a ser rechazado en futuros contratos con VW u otras ensambladoras por falta de calidad de sus productos.

## 1.4 Limitaciones y Alcances

Este proyecto solo se enfoca en las fallas por pintura de los soportes de rueda de acero de fundición de Hitachi metals automotive components.

Las fallas por fundición como rechupes, arrastres de arena y poros no podrán ser acreditadas por el arreglo de la pintura.

Este proyecto solo vela por los soporte de rueda traseros de fundición de Hitachi metals automotive components de los modelos jetta A6 de Estados unidos.

## CAPÍTULO 2

### DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

#### 2.1 Datos generales de la empresa.

- Nombre o razón social

Escantillones Tec S. de R.L. de C.V.

- Ubicación´

Nahuatlacas No.40ª Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla

- Giro, tamaño

Empresa mediana prestadora de servicios

- Principales productos y/o servicios que ofrece.

Prestación de servicios de supervisión de piezas de ensamble automotriz provenientes de proveedoras T1 de ensambladoras automotrices.

- Historia

La empresa Escantillones Tec fue fundada en septiembre del 2005 y empezó sus primeras auditorias en el parque industrial FINSA de Puebla, el primer cliente fue grupo Antolín Silao, Puebla, una empresa de origen español que actualmente es una empresa Tier 1 (proveedor directo de VW) de ensamble de partes automotrices, ahí se auditaba el parasol que era distribuido para la producción completa de Volkswagen, es decir en ese entonces modelos Jetta A4, Bora y NB.

Posteriormente con el paso de los años escantillones fue contratado por la empresa TRW distribuidor de frenos, hoy día conocida como ZF frenos y mecanismos.

Para 2010 la empresa solo trabajaba para estos clientes, un año más tarde, se agregó HITACHI metals automotive components, una empresa que se dedica a la fundición-distribución del soporte de ruedas.

Unos años más tarde la empresa se expandió a tal grado de fungir labores en otras plantas ensambladoras, entre ellas destacan, VMW, GM y AUDI y VW.

Para 2018 escantillones Tec cuenta con más de 10 clientes de diferentes partes de México y el mundo.

- Misión

Ser líder en supervisión de la línea de producción de vehículos automotrices así como sus refacciones, desarrollado con eficiencia, rapidez y profesionalismo del factor humano.

- Visión

Brindar servicios profesionales de alta calidad y confiabilidad en el sector automotriz.

- Valores

A.- HONESTIDAD: Somos honestos con la información que de la empresa llega a nuestras manos, teniendo presente los criterios de confidencialidad y ética profesional tanto con la empresa como con el cliente.

B.- RESPONSABILIDAD: La responsabilidad se enfoca hacia la empresa cuando tomamos conciencia de las grandes labores que implica hacer parte de ella y las llevamos a cabo con cumplimiento y con la certeza que de esta manera contribuimos al crecimiento personal y profesional.

C.-CUMPLIMIENTO: Hace referencia a la puntualidad con la que llevamos a cabo la labor diaria dentro y fuera de la empresa. El cumplimiento exige certeza, veracidad y objetividad.

D.- INTEGRIDAD MORAL: Es condición esencial para nuestro progreso individual y para el crecimiento de la empresa.

E.- LOS HABITOS ADECUADOS DE TRABAJO: Produzca calidad (es el resultado de la paciencia, habilidad y grandes esfuerzos) además busque cantidad (más cosas y mejor hechas). Aprendamos a tener un espíritu de cooperación (nuestra labor es trabajo en equipo), debemos ser puntuales, seamos laboriosos y proactivos, aprendamos a ser responsables.

## CAPÍTULO 3

### MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 Marco de Antecedentes

La industria de recubrimientos para automotriz ha cambiado drásticamente debido a las normas ambientales cada vez más estrictas, así como a las exigencias de nuevos materiales, desde el año 2000, tanto la Unión Europea como Estados Unidos, Japón y recientemente China, han emitido normas para prohibir o reducir el uso de plomo, mercurio, cadmio o cromo hexavalente en los materiales y componentes de los vehículos que salgan al mercado.

Los recubrimientos a base de agua, en polvo y otros de tipo ecológico crecerán a una tasa muy prometedora para los próximos cinco años, impulsado por las preocupaciones ambientales y el aumento de las regulaciones y restricciones de uso, según un estudio de mercado de la empresa Markets & Markets (M&M).



*Fig. 1 Pintado de piezas automotrices*

Ford Cuautitlán está trabajando desde julio pasado con tecnología basada en Zirconio, y han tenido ahorros muy considerables, además de que ya no desechan

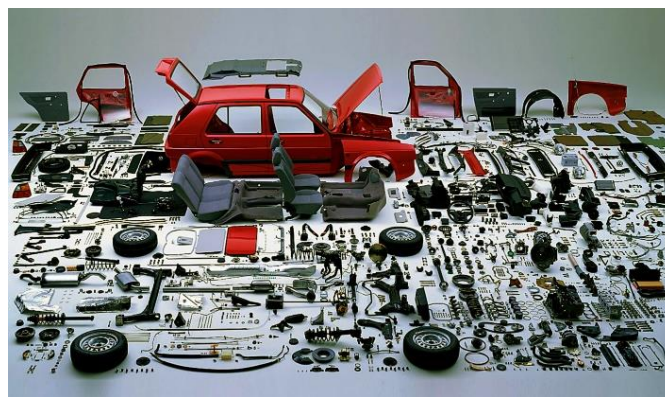


residuos tóxicos. Ellos usaban fosfato de zinc, que trabajaba a una temperatura de 50°C, generaba lodos, más o menos 500 kg semanales, dependiendo del área que procesara, usaban acondicionador, y otros productos adicionales. Al cambiar al Zirconio, la temperatura es a 15°C, ya no calientan y por eso ahorran en gas; no trae metales pesados como el Zinc; ya no genera lodos; y ya no desechan todos esos residuos, entonces todo esto minimiza los costos”, explicó Ramiro Hernández.

### 3.2 Marco teórico

#### **Función de la pintura en los componentes automotrices**

La aplicación de pintura en un vehículo cumple una doble función: por un lado, lo protege frente a la corrosión y, por otro, proporciona el aspecto estético final, aportando el color y el brillo y que hacen que el vehículo sea más atractivo. Durante la fabricación del automóvil se aplican en la carrocería diversos productos de pintura que aseguran el cumplimiento de estas dos funciones. Cuando es reparado, ya sea porque ha sufrido daños o por el efecto del tiempo, deben reponerse esas capas de pintura, garantizando el máximo nivel de protección y de belleza exterior (CESVIMAP).

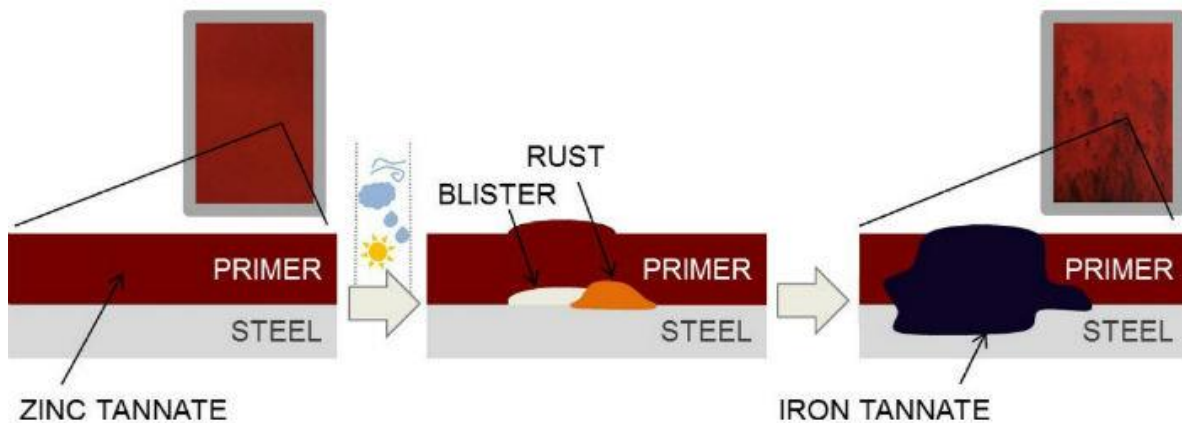


*Fig. 2 Piezas que conforman un vehículo, cada pieza puede ser un proveedor*

En el caso de los componentes que conforman el chasis y trenes de dirección, el pintado tiene que cumplir con su función primordial (evitar la corrosión), debido a que es en esta parte donde se presenta mayor contacto con humedad, suciedad y otros factores que propician la corrosión de las piezas.

Durante el proceso de ensamblaje de la carrocería, las superficies pueden acumular grasas, polvo y otras impurezas, que deben eliminarse antes de pasar a la zona de pintura. Además, se preparan las superficies para garantizar la perfecta adherencia de los productos que se van a depositar sobre ellas. El proceso se realiza por aspersion, a presión normal o con alta presión, así como mediante rociado o inmersión. Se emplean soluciones de gran poder desengrasante. Cada vez se utilizan menos los disolventes, tanto por razones medioambientales como de seguridad. Finalmente, se somete la carrocería a un lavado, pulverizando agua desmineralizada. Antes de pasar a la fase siguiente, se seca, evaporándose los productos empleados en la limpieza.

El tratamiento superficial o retratamiento comprende los procesos de limpieza, desengrasado y fosfatación. Aplicación de agua industrial, por aspersion o inmersión de la carrocería en el medio acuoso teniendo como finalidad la eliminación de impurezas de la superficie. Eliminación de las grasas y aceites de protección de los aceros y aluminios, a través de etapas de inmersión o aspersion en medio ácido o alcalina. Es necesaria la utilización de antiespumantes de naturaleza polimérica.



*Fig. 3 Tratamiento para el pintado*

Los disolventes cada vez se utilizan menos, tanto por razones ambientales como de seguridad ocupacional. Se procede a la eliminación de los restos alcalinos procedentes del desengrasado. Habitualmente por inmersión y aspersion con agua desmineralizada. Posteriormente se le aplica este proceso de secado para eliminar cualquier resto de humedad y para evaporar los productos empleados en la limpieza.

### **La corrosión en las partes automotrices**

El acero sigue siendo hoy en día el material principal en la fabricación de las carrocerías, debido a que tiene muy buenas propiedades mecánicas resistencia y ductilidad y un bajo coste económico en relación con otros materiales, pero con el inconveniente de que se corroe fácilmente. Actualmente, todos los constructores de vehículos están cuidando el aspecto de la protección contra la corrosión de las chapas de acero, y ofreciendo mayores periodos de garantía contra la corrosión.

El fenómeno de la corrosión en el acero es un proceso químico, en el que debido a la gran debilidad del acero al ataque del oxígeno, se forma en presencia de este último una capa de óxido de hierro al reaccionar el hierro –Fe– del acero con el agua y el oxígeno, provocando de esta forma la destrucción de la chapa. Este problema se ve agravado por otros factores ambientales, como son las atmósferas calientes y húmedas, las zonas costeras, o las áreas industriales.

Este proceso de corrosión, provoca una disminución de las propiedades mecánicas y físicas y un debilitamiento de la chapa que conlleva un deterioro progresivo de la estructura del automóvil. Este deterioro aumenta el riesgo de provocar deformaciones y puntos débiles en la carrocería, que pueden transformarse en zonas de rotura en caso de colisión.

Para evitar el proceso de la corrosión en los componentes se utiliza la pintura.

Como bien se indicaba anteriormente, la protección anticorrosiva comienza en la etapa de diseño del vehículo. En esta fase se pretende evitar zonas en las que el fenómeno de la corrosión se vea favorecido. Esto se consigue diseñando una carrocería con el menor número posible de piezas, para evitar zonas de soldadura, y a su vez se procura que estas zonas soldadas estén poco expuestas al contacto con los agentes atmosféricos, evitando la entrada de humedad y polvo en las cavidades y partes internas del vehículo, y proporcionando una salida de aire para aquellos orificios donde se prevea la acumulación de polvo y humedad, creando de esta manera condensaciones que pudieran causar la corrosión del acero.



*Fig. 4 Corrosión en tambor de freno*

La aplicación de productos que actúen como barrera de protección y lo aíslen de las agresiones externas. Estos productos reciben el nombre de revestimientos no metálicos.

La protección con revestimientos metálicos consiste en revestir el acero con otro metal que se oxide más fácilmente que él. Este tipo de protección, también recibe el nombre de protección catódica, debido a que el acero hace de cátodo mientras que el metal que lo recubre hace de ánodo, es decir, se oxida sacrificándose a favor del acero. De ahí que al metal que lo recubre se le llame también ánodo de sacrificio.

La aplicación de este tipo de revestimientos no implica que ya no sea precisa la aplicación posterior de pinturas y materiales anticorrosivos, simplemente significa que la garantía de protección ya no recae exclusivamente en estos productos.



*Fig. 5 Protección por pintura*

El material resultante consiste en una banda de acero con un revestimiento que puede ser de naturaleza muy variada. Dentro de los metales que podrían emplearse se encuentran el aluminio, zinc, cadmio, siendo el zinc el más utilizado por razones técnicas y económicas. Aunque no todos los revestimientos con zinc son iguales, pudiendo distinguirse varias técnicas:

Galvanizado en caliente: consiste en la formación de un recubrimiento de zinc, mediante la inmersión en un baño de zinc fundido a unos 450°C.

Electrocincado: se aplica un revestimiento de zinc mediante un proceso de electrodeposición en continuo sobre una chapa de acero laminado en frío.  
Recubrimiento con aleaciones: se añaden diferentes metales, al baño de las bandas galvanizadas en continuo, como el aluminio.

Galvannealed: consiste en un recocido de la banda galvanizada, para conseguir por difusión térmica, que la capa más externa no sea zinc puro, sino una aleación de zinc y hierro, mejorando su comportamiento frente a la embutición y soldabilidad.

Los revestimientos no metálicos son otro tipo de productos que también tienen la finalidad de proteger a la carrocería contra el fenómeno de la corrosión. No son sustitutivos de los revestimientos metálicos, sino que son un complemento para mantener una protección total de la carrocería.

Los revestimientos no metálicos se clasifican en cuatro grandes grupos: imprimaciones electrosoldables, masillas y selladores de estanqueidad, revestimientos de bajos y cera de cavidades.

Las imprimaciones electrosoldables permiten proteger de la corrosión las caras ocultas, de las pestañas de unión de las chapas de acero antes de ejecutar su soldadura. Se aplican en los paneles a soldar, en zonas en las que posteriormente no se tiene acceso interior para pintarlas. Existen varios tipos de imprimaciones electrosoldables según la forma de aplicación, como son las masillas electrosoldables, las imprimaciones electrosoldables y las cintas adhesivas electrosoldables.

Las masillas y selladores de estanqueidad aseguran la estanqueidad a agentes externos, es decir, evitan las filtraciones de la humedad, corrosiones, ruidos y vibraciones, además de mejorar la insonorización del habitáculo. Se aplican en todos los bordes, juntas y uniones, antes de engrapar cualquier revestimiento exterior con su armazón interior, formando así la masilla un cuerpo compacto con la chapa. Se pueden encontrar

distintos tipos de masillas y selladores de estanqueidad, como son la masilla de estanqueidad a base de poliuretanos, sellador de uniones pulverizable y cordones de caucho butílico sintético.

Las ceras de cavidades se encuentran presentes en los cuerpos huecos -interior de puertas, interiores de aletas, estribos...- de la gran mayoría de las carrocerías auto portantes, con la finalidad de evitar la corrosión que se produce por la condensación del agua en el interior de estos cuerpos. Se aplican en la fase final de la construcción por pulverización con pistola de aire y recipiente de presión.

Y por último, los revestimientos de bajos son productos que se aplican en algunas zonas del vehículo para evitar el picado por gravilla y el desconchado de la capa de pintura que deja la chapa al descubierto provocando la corrosión, además de evitar que llegue al habitáculo el ruido del rozamiento de las ruedas con el suelo y la vibración de la chapa.

Dentro de esta clase de revestimientos no metálicos encontramos dos tipos distintos, como son los anti gravillas y los protectores de bajos. Los últimos son pinturas que se aplicaban en la zona inferior del vehículo, pero hoy en día se están sustituyendo por planchas de plástico, que además de desempañar la función de protección, confiere al vehículo una mejor aerodinámica. Mientras que los antigravillas son unos productos que se aplican en estribos bajo puerta, cantoneras, spoilers, faldones traseros y pasos de rueda, teniendo la ventaja de que se puede pintar sobre ellos.





*Fig. 6 Protectores bajos*

## Tipos de corrosión

Corrosión superficial Este tipo de corrosión se produce siempre por estar expuesta la chapa de acero al oxígeno del aire, por la parte exterior de la chapa del vehículo. Generalmente este tipo de corrosión superficial (foto), es producida cuando el vehículo ha tenido un desprendimiento de pintura superficial del vehículo, que hace que quede descubierta la pintura y hace que la chapa adquiera un color rojizo empezando a producirse la corrosión.

Este tipo de corrosión siempre que se vea con tiempo siempre se podrá solucionar mediante un lijado, imprimado y posterior pintado de la zona dañada.



*Fig. 7 Corrosión superficial*

Corrosión externa Este tipo de corrosión (foto) se considera una corrosión bastante perjudicial para la chapa, debido a que cuando la persona es consciente de este tipo de corrosión, la misma ya está bastante avanzada. Este tipo de corrosión generalmente se ha producido por una corrosión superficial que no ha sido reparada en su día, y esta ha ido avanzando progresivamente por la chapa del vehículo, produciendo este tipo de corrosión.



*Fig. 8 Corrosión externa*

Corrosión interna Este tipo de corrosión (foto) presenta un gran inconveniente, y es que se suele producir por la parte interior de la chapa. Cuando la persona se da cuenta de la corrosión, la zona perjudicada ya no se puede reparar y debe de ser sustituida de forma parcial o en su defecto de forma total. Este tipo de corrosión generalmente siempre es producido por falta de aireación de las piezas por la parte interior, también puede ser producido por un mal desagüe del agua o por acumulación de humedad en la zona.



*Fig. 9 Corrosión interna*

Puntos de óxido Este tipo de corrosión es poco apreciable cuando empieza a producirse, debido a que empieza a producirse desde el interior de la pieza hacia el exterior de la misma. Esto implica que generalmente cuando la persona se cerciora de que hay corrosión en la chapa del vehículo, el daño que ha causado la corrosión ya es bastante elevado, provocando que se deba de reparar lo antes posible toda la zona dañada. Este tipo de corrosión se detecta con la aparición de pequeñas burbujas en la pintura que posteriormente aparecerán pequeños círculos de corrosión.



*Fig. 10 Puntos de oxido*

### **Pinturas utilizadas en el sector automotriz**

Resinas poliésteres. Se obtienen por reacción de condensación entre uno o más poliácidos y uno o más polioles. La diversidad de poliácidos y polialcoholes con distinta funcionalidad hace posible el diseño de resinas poliéster con ciertas propiedades finales.

Resinas acrílicas. Se elaboran por reacciones de adición de diferentes monómeros, tales como ésteres de los ácidos acrílico y metacrílico con alcoholes diversos, los cuales pueden presentar o no grupos funcionales reactivos remanentes: reactivas o termoestables y no reactivas o termoplásticas, respectivamente.



*Fig. 11 Uso de resina acrílica en pintado*

En la industria automotriz se emplean sistemas poliéster-poliisocianato o poliéster puro en pinturas en polvo para autopiezas expuestas al exterior y poliéster-epoxi en pinturas también en polvo para piezas sometidas a altas temperaturas, ataque corrosivo, etc.

Los pigmentos de aluminio no “leafing” se emplean en la formulación y elaboración de pinturas para mantenimiento y de terminación en la industria automotriz, de recubrimientos martillados y en general de productos para diferentes industrias.

#### Comparación de pinturas en la industria automotriz

Muchas de las sustancias que utilizamos en pintura tienen algo de toxicidad. Esto no significa que deban excluirse y no se tengan que utilizar. Simplemente tenemos que tener cierto cuidado. Cada producto debe ser manipulado con un nivel de precaución relacionado con el grado de conocimiento que se tiene de él, es decir, menos se sabe, más precauciones se deben tener.



*Fig. 12 El nivel de toxicidad hace que los operadores se protejan*

A principios del siglo veinte, se desarrolló una laca a base de resina nitrocelulosa que suplantó por completo al conocido barniz. Con la aparición de este nuevo material también se presentó una nueva herramienta que cambió, tanto la aplicación como el acabado. A los coches se les dio una nueva apariencia, y los detalles que dejaban las brochas desaparecieron; esta herramienta se conoce como la pistola de aire. A la nueva laca también se le podía aplicar cera, y esto hacía lucir brillantes a los vehículos.

La década de los 80 vio la llegada de los sistemas bicapas y tricapas. Estas eran hechas a base de resinas poliéster, CAB y resina de polietileno y, junto a los transparentes poliuretanos de altos sólidos generaban mayor profundidad, brillo, durabilidad y belleza, de hecho, hasta nuestros días son muy usados en todo el mundo. También encontramos las hechas a base de agua, de gran calidad, las cuales se destacan porque no emiten sustancias contaminantes a la atmosfera.

Las pinturas convencionales representan un peligro para la salud del ser humano y del medio ambiente. Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV: minúsculas

partículas que se despegan día a día de las pinturas), contenidos en este tipo de pinturas, son los causantes de este peligro

### COV (compuestos orgánicos volátiles)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal, o que son muy volátiles a dicha temperatura. El término COV agrupa a una gran cantidad de tipos de compuestos químicos, entre los que se incluyen los hidrocarburos alifáticos, los aromáticos y los hidrocarburos clorados; aldehídos, cetonas, éteres, ácidos y alcoholes.



*Fig. 13 Contaminación de la industria*

Casi una cuarta parte de los compuestos orgánicos volátiles emitidos a la atmósfera proviene del uso de disolventes, tanto en el ámbito industrial, donde abarcan la práctica totalidad de los sectores industriales, como en el doméstico. El resto de los COV emitidos tienen origen antropogénico (transporte y producción de energía eléctrica por combustión) y natural (vegetación y animales salvajes y domésticos).

Los COV pueden tener diferentes efectos directos o indirectos sobre la salud y el medio ambiente: Efectos nocivos debido a su toxicidad, efectos carcinógenos, desperfectos sobre los materiales, olores, etc. Pero el principal problema ambiental es su participación activa en numerosas reacciones, en la troposfera y en la estratosfera, contribuyendo a la formación del smog fotoquímico y al desequilibrio del efecto invernadero, además son precursores del ozono troposférico.

## Pinturas ecológicas

Las compañías vinculadas con la industria automotriz siguen trabajando de forma decidida en la conservación del medio ambiente.

La nueva tecnología de pinturas base agua, Cromax Pro, permite migrar de un sistema de repintado de base solvente, a uno de base agua, con una disminución de emisiones volátiles al medio ambiente de más de 4.500 toneladas al año en el mundo, eliminando además 2 mil toneladas de sustancias peligrosas.

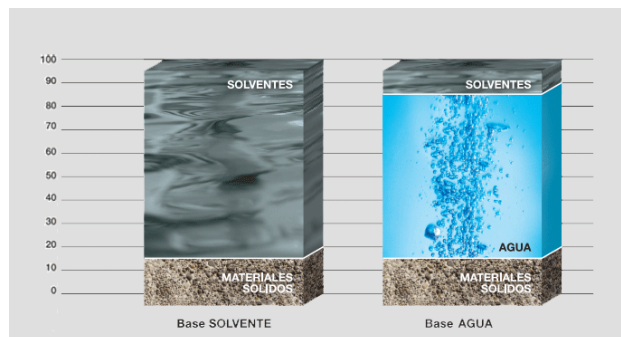


Fig. 14 Diferencias entre pinturas





## **E coat**

Debemos acotar que la pintura electroforética (E-coat), es tan sólo un tipo de deposición electroforética (EPD, por sus siglas en inglés), ya que el término incluye una amplia gama de procesos industriales como la electrodeposición, electrodeposición catódica, electrodeposición anódica, recubrimiento electroforético o pintura electroforética.

Es un proceso en el que una parte metálica se sumerge en una solución acuosa que contiene una emulsión de pintura a la que se aplica un voltaje eléctrico, lo que hace que la emulsión de pintura se deposite sobre la pieza. Se puede pintar hacia adentro y hacia fuera de la pieza, donde quiera que el líquido pueda alcanzar una superficie del metal. El espesor del recubrimiento está determinado por el voltaje aplicado. A medida que las áreas de alto voltaje construyen un revestimiento, se convierten en aisladores, permitiendo así que las áreas de menor voltaje, acumulen sólidos. Finalmente, el interior de una pieza puede revestirse, ya que el exterior está completamente aislado por el revestimiento. Los usuarios de este proceso lo seleccionan por la maravillosa capacidad del E-coat para pintar altos volúmenes de producción de piezas, con una combinación excelente que equilibra decoración y protección en un sólo proceso. La utilización del material de recubrimiento es cercana al cien por ciento. Esta alta eficiencia de producción, junto con la elevada calidad que se logra, da como resultado costos unitarios muy bajos.



*Fig. 15 Pintado Ecoat*

## Defectos en las pinturas

Aplicar una pintura anticorrosiva, sobre acero y que se vea bien, no es suficiente para evitar la corrosión, ya que puede tener poros que disminuirá la protección anticorrosiva del recubrimiento y determinará la calidad de la aplicación de la pintura.

La resistencia a la humedad de las películas orgánicas que se emplean en la protección de estructuras expuestas a la intemperie constituye un factor de importancia para el juzgamiento de su calidad. Una gran tendencia a la absorción de agua del medio ambiente o una gran permeabilidad favorecerá la destrucción de la película.

En zonas de elevada humedad atmosférica y con variaciones importantes de temperatura entre las horas del día y de la noche, se produce alternativamente una condensación sobre las superficies expuestas durante la noche, seguida de evaporación durante las horas de sol. Si la penetración de agua es importante y la misma alcanza el sustrato, disminuirán las fuerzas de adhesión de la película al mismo y podría incluso anularlas. Por otra parte el aumento de volumen y la rápida

evaporación favorecerá la destrucción de la película. Situaciones similares pueden ocurrir durante períodos prolongados de lluvia

La polaridad del polímero formador de película, ligada íntimamente a la presencia en sus moléculas de ciertos grupos funcionales, regula la capacidad de imbibición del film. La porosidad de la película, que facilita el paso del líquido a través de la misma, está relacionada con las condiciones de formulación. La velocidad de evaporación del solvente durante el secado y la relación pigmento-vehículo definen aquella propiedad de la película. El espesor de la película se opone, por efecto de barrera, a que el film sea atravesado por el fluido. Estos factores son tan importantes en las manifestaciones del fenómeno de permeabilidad del film, como el efecto que depende de la diferencia de tensión de vapor a través del mismo.

### Métodos para evitar la corrosión

La corrosión es un proceso de degradación y por consiguiente, se caracteriza por la disipación de energía en alguna forma. La corrosión de los metales es una consecuencia natural de su existencia temporal en ese estado.

### Reacciones anódicas y catódicas

El término "ánodo" se usa para describir aquella porción de la superficie del metal que se corroe y desde la cual la corriente fluye para entrar en la solución (Electrolito).

Cuando ocurre la corrosión; átomos del metal positivamente cargados abandonan la superficie sólida (ánodo) y entran a la solución como iones, abandonando sus cargas negativas correspondientes, en forma de electrones capaces de fluir a través

del metal hasta completar su circuito al cátodo donde la correspondiente reacción consume esos electrones.

El término "cátodo" se usa para describir las superficies del metal en la que la corriente entra desde la solución. Los electrones generados por la formación de iones metálicos han pasado por el metal hacia la superficie del mismo inmersas en el electrolito. Aquí restituyen el balance eléctrico del sistema mediante su reacción y neutralización de los iones hidrógeno en el electrolito.

Serie Galvánica en agua de mar		Serie Electromotriz	
Extremo Anódico ( Corroído)			
Magnesio	Li , Li <sup>+</sup>	3.02 voltios	
Aleaciones de Magnesio	k , k	2.92 voltios	
Zinc	Na , Na <sup>+</sup>	2.71 voltios	
Acero Galvanizado	Mg , Mg	2.34 voltios	
Aluminio	Al , Al <sup>+++</sup>	1.67 voltios	
Cadmio	Zn , Zn <sup>++</sup>	0.76 voltios	
Aleaciones de Aluminio	Cr , Cr <sup>++</sup>	0.71 voltios	
Acero	Fe , Fe <sup>++</sup>	0.44 voltios	
Hierro Forjado	Cd , Cd <sup>++</sup>	0.40 voltios	
Hierro Fundido	Co , Co <sup>++</sup>	0.28 voltios	
Soldadura 50-50	Ni , Ni <sup>++</sup>	0.25 voltios	
Acero Inoxidable 18-8 (activo)	Sn , Sn <sup>++</sup>	0.14 voltios	
Plomo	Pb , Pb <sup>++</sup>	0.13 voltios	
Estaño	H <sub>2</sub> , H <sup>+</sup>	0.00 Referencia	
Metal Muntz	Bi , Bi <sup>+++</sup>	- 0.23 voltios	
Níquel	Cu , Cu <sup>++</sup>	- 0.34 voltios	
Latón amarillo	Hg , Hg <sup>++</sup>	- 0.80 voltios	
Latón rojo	Ag , Ag <sup>+</sup>	- 0.80 voltios	
Cobre	Pt , Pt	- 1.2 voltios	
Cuproníquel 7-30	Au , Au	- 1.7 voltios	
Acero Inoxidable 18-8 (pasivo)			
Extremo Catódico (protegido)			

Los voltajes corresponden a la reacción de oxidación

*Tabla 1 Serie galvánica*

El grado de protección contra la corrosión que proporciona a un metal la formación sobre su superficie de una capa de un producto de reacción sólido es muy variable y por tanto, la importancia práctica de la pasivación como medio para controlar la corrosión varía correspondientemente de un metal a otro.

El medio ambiente corrosivo, desempeña un papel fundamental y condiciona el comportamiento del metal, entre las características químicas esenciales del medio ambiente, señalaremos:

- a) La composición del medio con la concentración de cada componente, no olvidando las impurezas que pueden tener un papel más importante que los componentes principales.
- b) En el caso de un líquido el PH
- c) En el caso de una solución, la dosificación en oxígeno o gases disueltos, que a su vez pueden depender de la presión exterior.
- d) La presencia de inhibidores o aceleradores de la corrosión.

#### Causas atmosféricas

##### Atmósferas industriales

Las atmósferas industriales interiores, encierran serio peligro solo cuando contienen gases corrosivos, tales como el gas de hulla quemado, los óxidos de azufre y de otras materias químicas existentes en el gas, las cuales se combinan con el vapor de agua creado por el calentamiento del aire. Esta atmósfera tiene entonces, efecto corrosivo sobre los metales existentes en el local y es provocada generalmente por una mala ventilación.

Se emplea agua en estos sistemas y si bien ésta elimina gran parte del material contaminante, debe comprenderse que el aire saturado arrastra cierta cantidad de materias químicas nocivas. La humedad puede adherirse a las estructuras metálicas e iniciar la corrosión.

**Atmósferas marinas y rurales** En las atmósferas marinas el principal problema es la salpicadura de sal. En las atmósferas rurales la lluvia y el polvo causan los

problemas principales. Recientemente el cambio en la atmósfera ha cambiado el tiempo de vida útil de las canales galvanizadas de los aleros. En el pasado, en zonas altamente industrializadas no era raro tener que reemplazarlas cada cinco años.

## Agua

El agua es la causa de muchos problemas de corrosión, ningún material de construcción o recubrimiento es ideal para todas las exposiciones en agua. El problema de la corrosión del agua se complica por la existencia de muchos tipos de aguas, creando cada una de ellas sus propias condiciones de ataque.

El ataque del agua fresca varía grandemente dependiendo de las sales y gases que lleva disueltos. Los principales contaminantes son iones de cloro, compuestos de azufre, compuestos de hierro y sales de calcio. Las aguas de los ríos y lagos pueden contener una gran variedad de sales naturales, ácidos y otras materias químicas derivadas de las estructuras geológica y mineral de sus lechos y riberas.

## Tipos y formas de corrosión

### Corrosión electroquímica

El tipo de corrosión que más frecuentemente tiene lugar ocurre a temperatura ambiente o a una temperatura próxima a ella, como resultado de la reacción de los metales con el agua o con soluciones acuosas de sales, ácidos o bases. Estas reacciones forman parte del amplio campo de la corrosión electroquímica. Aunque existen muchas variantes de este tipo de corrosión la acción de una solución salina aireada en la unión entre una pieza de hierro y otra de cobre ilustra las características esenciales.

### Corrosión galvánica

En forma general toda corrosión depende de la acción galvánica, pero este término significa específicamente un tipo de corrosión electroquímica que ocurre debido a que dos materiales de diferente potencial de solución están en contacto.

### Corrosión Atmosférica

El aire contiene siempre cierta cantidad de vapor de agua.

A una temperatura determinada, el aire no puede contener más vapor de agua que el valor de saturación, llamado punto de rocío. Si la cantidad de vapor de agua excede el valor de saturación, una parte de este vapor de agua se condensa y se deposita sobre los objetos, en particular sobre las superficies metálicas. La capa de agua, así depositada sobre un metal, puede ser muy tenue, del espesor de algunas moléculas.

### Pinturas anticorrosivas

Las pinturas constituyen desde un punto de vista técnico-económico la mejor alternativa para controlar el fenómeno corrosivo en hierros y aceros. En medios de alta agresividad, en muchos casos se complementa con sistemas de protección catódica, ya sea por ánodos de sacrificio o corriente impresa.



*Fig. 16 Caliper con pintura anticorrosiva*



Un sistema de pinturas considera solamente la naturaleza del material formador de película y consecuentemente permite establecer la forma de secado y curado del recubrimiento. De este modo, se define como sistema homogéneo aquél en el que las diferentes capas que conforman el recubrimiento protector están basadas en el mismo material aglutinante mientras que un sistema heterogéneo involucra ligantes diferentes en la formulación de cada una de las pinturas empleadas.

Los requerimientos fundamentales para la selección del sistema de pintura son:

- Características del sustrato y del medio agresivo: definen muchas propiedades de la película (flexibilidad, resistencia a los álcalis, permeabilidad, etc.).
- Pretratamiento existente: debe ser compatible con el sistema protector a aplicar.
- Equipos y aplicación: dependen del sustrato y su ubicación física; su selección involucra la composición de la mezcla solvente, viscosidad, etc.
- Durabilidad: se debe compatibilizar el aspecto técnico y económico; en este último caso, se pueden considerar dos criterios, costo por litro o por trabajo terminado.
- Toxicidad y seguridad: se debe aplicar la legislación vigente sobre las materias primas y los productos terminados.

Una protección conveniente requiere sistemas multicapa; las pinturas, según la secuencia de aplicación y la función, se clasifican en primer, anticorrosiva, intermedia y de terminación. El primer y la pintura de fondo tienen como función fundamental controlar el fenómeno de corrosión para prolongar la vida útil del sustrato; su naturaleza depende de la pintura intermedia o de terminación seleccionada según las exigencias del medio ambiente. Una propiedad esencial es la adhesión al metal, la cual es función del material formador de película.

De este modo, las pinturas anticorrosivas se formulan con una PVC sólo ligeramente inferior al valor crítico (CPVC) ya que compatibiliza adecuadamente las diferentes

propiedades de la película. Las características principales de este tipo de recubrimiento son las siguientes:

- Bajo brillo, para facilitar la adhesión de la capa posterior.
- Reducida permeabilidad para controlar el proceso de corrosión y evitar simultáneamente la formación de ampollas. 5
- Óptima adhesión al sustrato de base.
- Elevada eficiencia del pigmento inhibidor de la corrosión, particularmente los solubles ya que requieren el medio electrolítico para desarrollar su mecanismo de acción.

Tipos de pintura anticorrosivas

Shop primers

Los “shop primers” se emplean para la protección temporaria del acero contra la corrosión; se aplican en forma de película delgada sobre el metal, previamente tratado, para alcanzar un adecuado control durante la construcción particularmente de grandes estructuras. Usualmente se especifica un previo calentamiento del metal a una temperatura entre 35 y 40 °C con el fin de obtener una superficie seca y regularizar el tiempo de secado

El shop primer debe tener buena protección contra la corrosión durante el período de construcción de la estructura; generalmente esta exigencia involucra un lapso de 12 meses.

Primers reactivos

El empleo de pretratamientos mejora sensiblemente la capacidad protectora del sistema de pinturas. Existen primers basados en soluciones de ácido fosfórico,

fosfatos metálicos, sustancias derivadas del tanino y productos complejos dispuestos en dos envases.



*Fig. 17 Aplicación de pimer activo*

### Solución de ácido fosfórico

Las soluciones fosfóricas se llaman usualmente fosfatizantes en frío y se aplican con pincel o soplete en una capa delgada; los fosfatos complejos de hierro ferroso y férrico formados polarizan aceptablemente la superficie dada su elevada adhesión (enlaces iónicos) y estabilidad dimensional. Estas soluciones permiten estabilizar en cierto grado los óxidos firmemente adheridos sobre la superficie pero no aquéllos formados durante el proceso de laminación, ya sea en frío o en caliente.

### Fosfatizantes

Los sustratos metálicos con óxidos firmemente adheridos pueden tratarse por pulverización o inmersión con una solución fosfatizante conformada por fosfatos metálicos (generalmente de hierro, manganeso y / o zinc) y ácido fosfórico libre.

En todos los casos, la película obtenida alcanza un espesor que oscila entre 0,25 y 2,50  $\mu\text{m}$  según el método de aplicación; esta película de características porosas

resulta adecuada como base para la aplicación de las restantes pinturas del esquema protector, los cuales pueden ser de diferente naturaleza química dado la excelente compatibilidad que presenta la delgada capa del primer.

### Wash primers

Estos productos combinan la fosfatización y la pasivación en una sola operación, (resina vinílica, cromato o tetroxicromato de zinc, extendedores y la mezcla solvente) y el restante incluye el catalizador (ácido ortofosfórico, alcohol isopropílico y agua), secan rápidamente, tienen muy buena adhesión y mejoran sensiblemente la resistencia a la corrosión del sistema de pinturas. Se deben emplear sobre superficies de hierro y acero previamente arenados o granallados, en una sola capa; el espesor de película seca debe oscilar entre los 5 y los 8  $\mu\text{m}$ .



*Fig. 18 Wash primer*

El mecanismo de acción comienza cuando la base y el catalizador son mezclados. De este modo, el cromato o tetroxicromato de zinc se disuelve liberando iones cromato y zinc en la solución; estos últimos neutralizan lentamente el ácido fosfórico (la reducción de acidez permite la precipitación de fosfato de zinc) mientras el cromo hexavalente oxida el alcohol generando cromo trivalente que también precipita como un fosfato complejo.

La eficiencia de la película de esta imprimación de lavado está marcadamente afectada por la naturaleza y especialmente por la velocidad de evaporación del alcohol empleado como diluyente. Por ejemplo, una mejor performance es alcanzada con alcohol butílico normal que con alcohol etílico debido al mayor peso molecular del primero (menor velocidad de evaporación).

### Mecanismos de protección contra la corrosión de las pinturas

Teóricamente hay tres formas de disminuir la corriente generada en las celdas de corrosión. Las dos primeras consisten en controlar las reacciones catódicas y / o anódicas mientras que la tercera implica incluir una resistencia electrolítica para frenar el movimiento de los iones. Estos mecanismos son llamados respectivamente inhibición catódica, anódica y por resistencia.

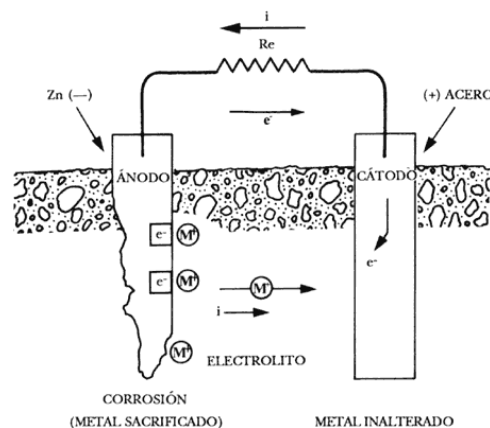


Fig. 19 Protección catódica y anódica

La inhibición catódica contempla la necesidad de evitar el contacto entre el metal de base, el agua y el oxígeno. Esto puede ser alcanzado solamente con una película totalmente impermeable; sin embargo, los materiales poliméricos en los espesores

usualmente empleados en los sistemas protectores presentan permeabilidad al agua y al oxígeno por lo que desde un punto de vista práctico no resulta posible inhibir la reacción catódica.

La inhibición anódica puede prácticamente implementarse modificando el potencial del hierro o bien formando una película con propiedades pasivantes; la primera opción involucra el empleo de partículas metálicas de zinc que actúan como ánodos de sacrificio (pinturas tipo “zinc-rich” o de zinc modificadas) mientras que la segunda consiste en el empleo de pigmentos inhibidores que disminuyen la cinética de la reacción anódica.

La inhibición por resistencia se realiza empleando materiales poliméricos adecuadamente pigmentados que disminuyen la permeabilidad del sistema y en consecuencia el acceso a la interfase metal / película del medio electrolítico. El espesor de película (efecto barrera) es directamente proporcional a la eficiencia de la inhibición.

Algunas pinturas anticorrosivas basan su mecanismo de acción sólo en el efecto barrera (por ejemplo, epoxibituminosas); en otros sistemas, la pintura de fondo es la responsable de la inhibición anódica mientras que la capa intermedia aporta el control del acceso del electrolito.

Productos VCI

El anticorrosivo volátil VCI es un producto estable que posee una presión de vapor tal, que a temperatura ambiente permite su sublimación, alcanzando la superficie del metal a proteger, formando un film invisible pasivante de corrosión. Este producto es utilizado para prevenir ataques a ciertos metales durante los tiempos de producción, almacenaje, transporte o almacenamiento. Por tratarse de un producto que actúa en su fase vapor, es necesaria una determinada concentración de vapores para que se alcance el equilibrio dentro del sistema de embalaje. Esto no significa que el mismo deba ser hermético pero debe mantener en forma eficiente el microclima anticorrosivo.



*Fig. 20 Bolsa VCI anticorrosiva*

El elemento elegido con VCI para embalar debe ser distribuido uniformemente dentro del embalaje. Debido a que sus vapores son más pesados que el aire, el posicionamiento de las piezas en el embalaje favorece la acción anticorrosiva. Pequeñas aberturas no perjudican el accionar del anticorrosivo VCI pero disminuyen su eficacia. Para una mejor aplicación de los inhibidores volátiles VCI las superficies deben estar limpias de productos que puedan generar corrosión. No se debe embalar-almacenar piezas metálicas con inicio de oxidación ya que VCI no revierte el proceso iniciado. Las piezas afectadas por humedad no permitirán la fijación de la capa mono molecular del protector VCI. Se debe evitar contactos de

las piezas con maderas, cartones, etc. ya que en ese punto surgirá la corrosión transmitida por dichos elementos. Evitar el uso de solventes clorados para desengrasar previamente las piezas a ser protegidas con VCI.

Las piezas a ser protegidas con VCI deben ser manipuladas con guantes de tela evitando el contacto directo con las manos.

Como afecta la corrosión a un material según su fundición

A principios de la década de los 50 del siglo pasado, y como consecuencia directa del reto de la industria en controlar la forma del grafito, se desarrollaron las fundiciones esferoidales, que sumaban a las propiedades de las anteriores un menor peso por metro de conducción, una mayor capacidad de carga por unidad de diámetro y una mayor resistencia a la fractura (DeBerry, y otros, 1982).

Sin embargo, ambas fundiciones presentan una resistencia a la corrosión similar, pudiendo considerarse relativamente baja. A pesar de ello, la excelente relación entre propiedades y precio ha hecho que las fundiciones esferoidales se hayan introducido con fuerza en otras aplicaciones industriales como válvulas, bombas, tubos, etc., donde a las sollicitaciones mecánicas se suman ambientes corrosivos e, incluso, temperaturas elevadas (colectores de motor, intercambiadores, etc.).



En general, los fabricantes de piezas de fundición esferoidal sufren importantes inconvenientes relacionados con los procesos de corrosión en las piezas que fabrican, siendo la corrosión atmosférica el principal problema al que se encuentran sometidas las piezas fabricadas en fundición esferoidal. La diversidad de atmósferas en las que deben operar este tipo de piezas hace todavía más difícil predecir su comportamiento ya que éstas pueden ser de baja corrosividad, ambientes rurales principalmente, o en medios en los que el contenido en cloruros es elevado por su proximidad a la costa, todo ello con diferentes grados de humedad.

En las fundiciones esferoidales modificadas con silicio (Ángeles, Niklas, Conde, & Méndez, 2014), la aleación con el mayor contenido de silicio presenta una ligera mejora del comportamiento frente a la corrosión respecto de las fundiciones convencionales y también en relación a aquellas aleaciones modificadas con menores contenidos de este elemento.

### 3.3 Marco Legal

NOM-121-SEMARNAT-1997

Norma oficial Mexicana, que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmosfera de compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método para calcular su emisiones.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles,

unidades de uso múltiple de pasajeros y utilitarios, carga y camiones ligeros, así como el método para calcular sus emisiones, y es de observancia obligatoria para los responsables de las plantas ensambladoras de la industria automotriz que realicen dichas actividades.

<b>FUENTES EXISTENTES</b>			
<b>TIPO DE VEHICULO</b>	<b>LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE COV's EN GRAMOS POR METRO CUADRADO (g/m2 ), APLICABLES A PARTIR DEL DIA SIGUIENTE DE LA PUBLICACION DE ESTA NORMA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION</b>	<b>LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE COV's EN GRAMOS POR METRO CUADRADO (g/m2 ), APLICABLES A PARTIR DEL 1o. DE ENERO DE 1999</b>	<b>LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE COV's EN GRAMOS POR METRO CUADRADO (g/m2), APLICABLES A PARTIR DEL 1o. DE ENERO DEL 2006</b>
Automóviles	110	85	55
Unidades de uso múltiple para pasajeros y utilitarios	120	90	60
Unidades de uso múltiple para carga y camiones ligeros	130	100	75

*Tabla 2 Limite permisible COVs*

Volkswagen TL 260 “Paint Coating of Metal surfaces”.

Proteccion superficial,corrosion, pintura y superficies metalicas

Esta norma define los requerimientos de protección contra corrosión de piezas de superficies metálicas con pintado oscuro, la norma no es aplicable a carrocerías, barnices decorativos, o partes del chasis que puedan formar cavidades, únicamente se aplica a partes de ensamble.

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DEL PROYECTO DE ESTADÍA

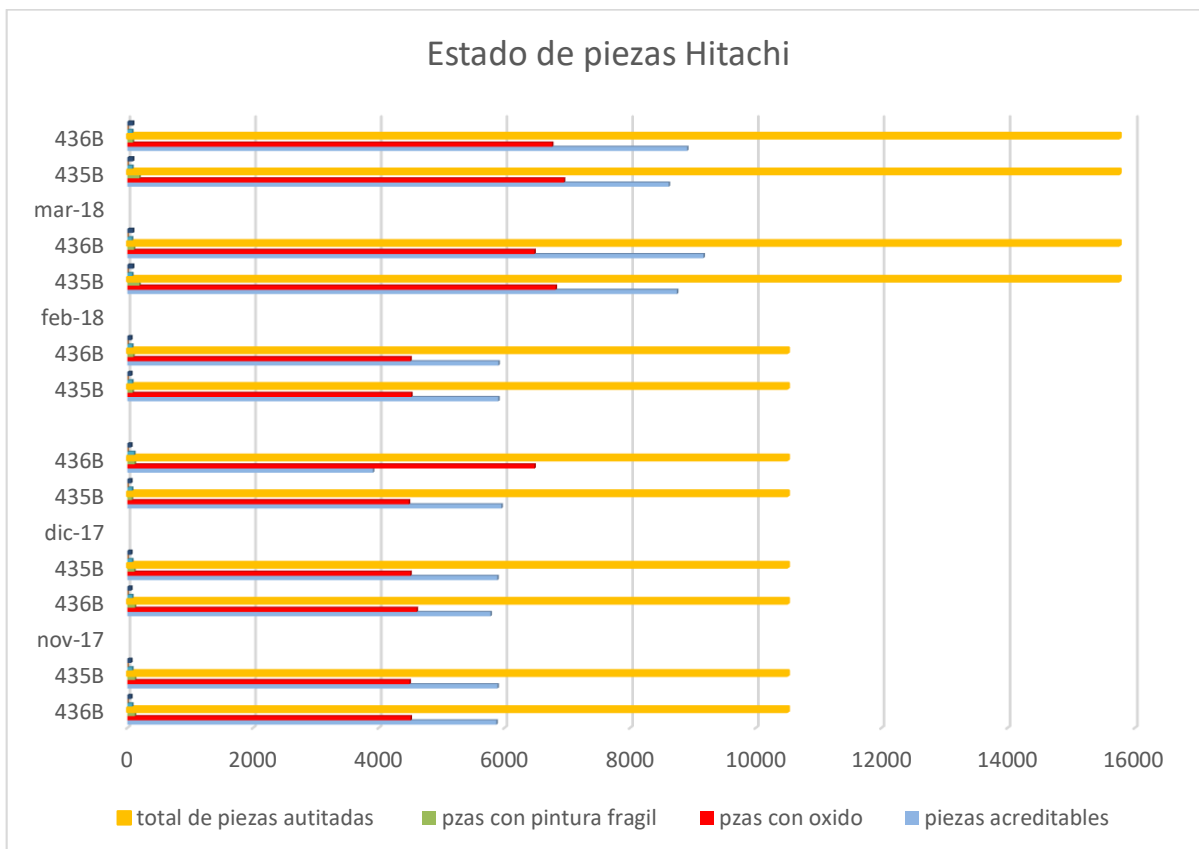
#### 4.1 Recopilación y organización de la información

Para este proyecto se hace uso de historiales, tablas de datos y graficas de estado de material por pallet.

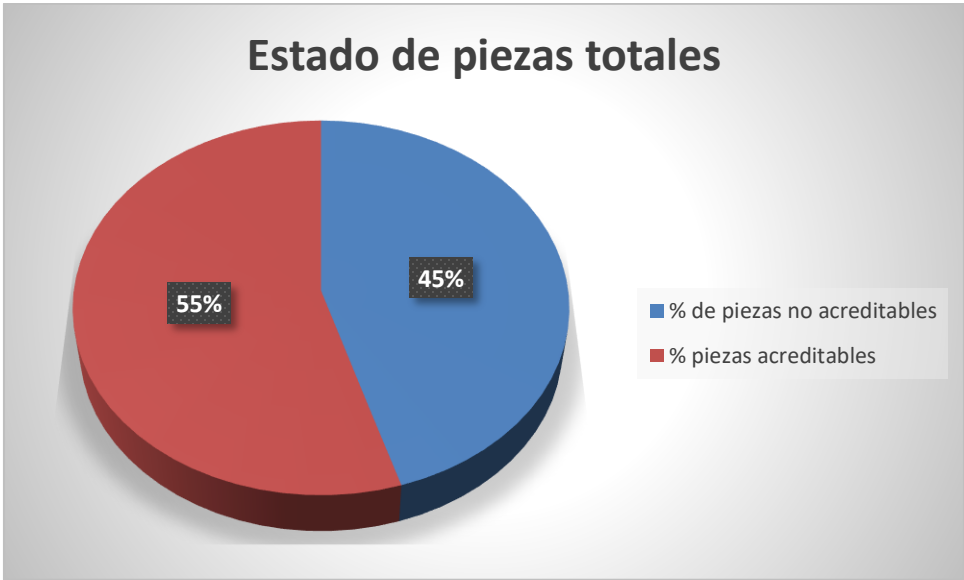
Estado de las piezas de Hitachi							
oct-17							
numero de parte	piezas acreditables	piezas con oxido	piezas con pintura frágil	total de piezas auditadas	X de piezas con oxido	X de piezas con pintura frágil	folios en el mes
436B	5872	4508	120	10500	75,13333333	2	60
435B	5888	4490	122	10500	74,83333333	2,033333333	60
nov-17							
436B	5778	4603	119	10500	76,71666667	1,983333333	60
435B	5887	4503	110	10500	75,05	1,833333333	60
dic-17							
435B	5951	4478	71	10500	74,63333333	1,183333333	60
436B	3907	6478	115	10500	107,9666667	1,916666667	60
ene-18							
435B	5902	4516	82	10500	75,26666667	1,366666667	60
436B	5904	4503	93	10500	75,05	1,55	60
feb-18							

435B	8745	6815	190	15750	75,72222222	2,111111111	90
436B	9167	6478	105	15750	71,97777778	1,166666667	90
mar-18							
435B	8614	6946	190	15750	77,17777778	2,111111111	90
436B	8907	6758	85	15750	75,08888889	0,944444444	90

Tabla 3 Datos del estado de las piezas obtenidos durante el proyecto



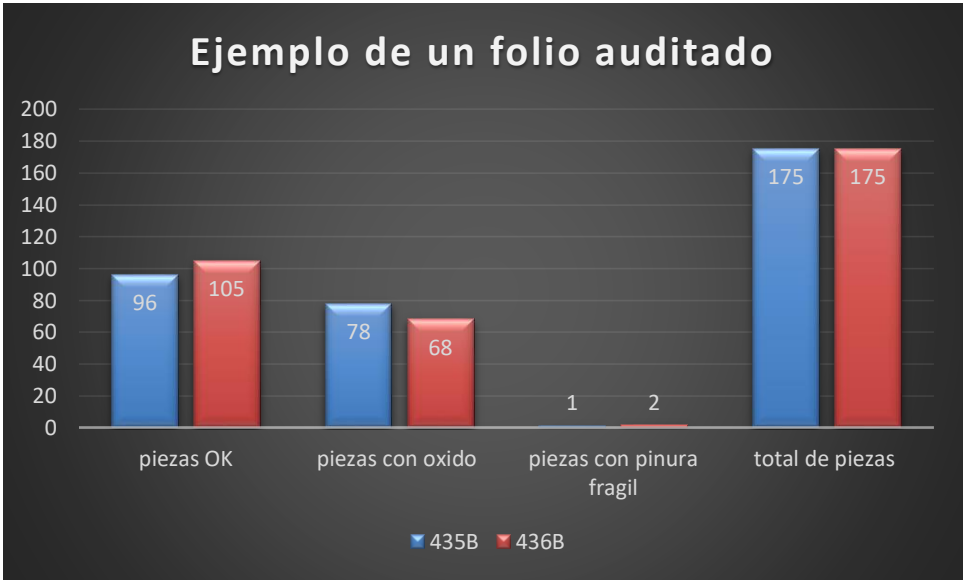
Grafica 1 Estado de piezas de Hitachi



*Grafica 2 Porcentaje global de piezas OK-NOK de todos los datos*

numero de parte	piezas OK	piezas con oxido	piezas con pintura frágil	total de piezas	datos de la pieza
435B	96	78	1	175	A20418 W5
436B	105	68	2	175	B40518 W7

*Tabla 4 ejemplo de la tabla en la que se tomaron los datos pallet por pallet*



Grafica 3 Resultados de un folio individual auditado

Procesos de pintado de Hitachi

Current Process				
	Purpose		Conc	Temp
Tank 1	Cleaner	Clemetal Gardoclean S5699	7.50%	Amb
Tank 2	Rinse	City Water		Amb
Tank 3	Rinse	RO Water		Amb
Tank 4	Paint	PPG Framecoat II	17 - 22 % solids	Amb
Tank 5	Rinse	RO Water		Amb
Tank 6	Rinse	City Water		Amb
Cure Temp		400 deg F		
Oven Time		50 minutes		

*Tabla 5 Proceso actual de pintado soporte de rueda*

New Process				
	Purpose		Conc	Temp
Tank 1	Cleaner	Bonderite C-AK 2807	5.00%	140 - 160 deg F
Tank 2	Rinse	City Water		Amb
Tank 3	Rinse	RO Water		Amb
Tank 4	Paint	Bonderite 930C	7 - 9%	68 - 72 deg F
Tank 4	Starter	Bonderite M-AD 300		
Tank 4	Iron	Bonderite M-AD 35		
Tank 5	Rinse	RO Water		Amb
Tank 6	Rinse	City Water		Amb
Tank 6		Bonderite M-PT E2		125-140 deg F
Tank 6		Bonderite M-AD 700		
Cure Temp		350 deg F		
Oven Time		50 minutes		

*Tabla 6 Nuevo proceso, pintado Ecoat*

## Composición de las pinturas de Hitachi

# Hitachi Metals / Waupaca Foundry

### Chemical Composition of Bonderite 930C from IMDS

Tree Level	Description Article Name Name Substance name	Part/Item No. Item- /Mat.-No. Material-No. CAS No.	IMDS ID / Version	Quantity	Weight [g]	Portion [%]	Portion (from - to) [%]	Classif. GADSL, SVHC	Parts Marking Recyclate (Indust./Consumer) Application [ID]
└-2	IRON CASTINGS	VARIOUS	634804493 / 1		10			6.1	
└-3	Epoxy paint		5527754 / 4			100		6.1	
└-4	EP	-			53.5				
└-4	Acrylic resin	-			32.5	30 - 35			
└-4	Carbon black	1333-86-4			2	1 - 3			
└-4	Calcium phosphate	10103-46-5			3	2 - 4			
└-4	Synthetic iron oxide (Fe2O3)	1332-37-2			3	2 - 4			
└-4	Manganese-orthophosphate	10124-54-6			2	1 - 3			
└-4	Silicate	-			2	1 - 3			
└-4	Further Additives, not to declare	system			2	1 - 3			

This is an uncontrolled copy of a document created by IMDS. End of the report.

*Tabla 7 composición química de resina epoxica*



# Hitachi Metals / Waupaca Foundry

## Chemical Composition of Current Paint from IMDS

Tree Level	Description Article Name Name Substance name	Part/Item No. Item- /Mat.-No. Material-No. CAS No.	IMDS ID / Version	Quantity	Weight [g]	Portion [%]	Portion (from - to) [%]	Classif. GADSL, SVHC	Parts Marking Recyclate (Indust./Consumer) Application [ID]
1	E-COAT	CF590-534	308669218 / 1					6.1	
-2	Polyurethane resin	-				83.875			
-2	Kaolin	1332-58-7				13.5	11 - 16		
-2	Carbon black	1333-86-4				1.5	1 - 2		
-2	Dibutyltin-oxide	818-08-6				1.125	0.75 - 1.5	D / P	

After curing, both paints consist of large Carbon molecules with very little reactivity

*Tabla 8 composición química Ecoat*

## 4.2 Análisis de la información

Como se puede observar en la información recolectada una gran porcentaje de piezas de Hitachi se encuentran en un estado no acreditable por VW, en la tabla 3 se observa que existe un promedio de 75 piezas no acreditables por cada pallet ingresado a VW, al mes se procesan 30 pallets por turno, tomando en cuenta que nave 5 (donde se trabaja el soporte de rueda) opera 3 turnos a partir de febrero, se infiere que se operan 15750 piezas en un mes en promedio.

Para las piezas no acreditables se hacen unos RIDS (hojas de permisión de rechazo de material) existen 2 posibles destinos según elija el proveedor:

- Se mandan a nave de destrucción donde las funden y las ocupan para otras cosas (VW cobra el monto de destrucción de todas las piezas).
- Se regresan por algún transporte al proveedor para que las retrabaje o las venda según le convenga (VW cobra los costos de transporte y cobra multa por rechazo).

Hay que tomar en cuenta que una vez que el producto entra a VWM ya está comprado por este mismo, y si el material viene en mal estado se le cobrara todo el daño al proveedor.



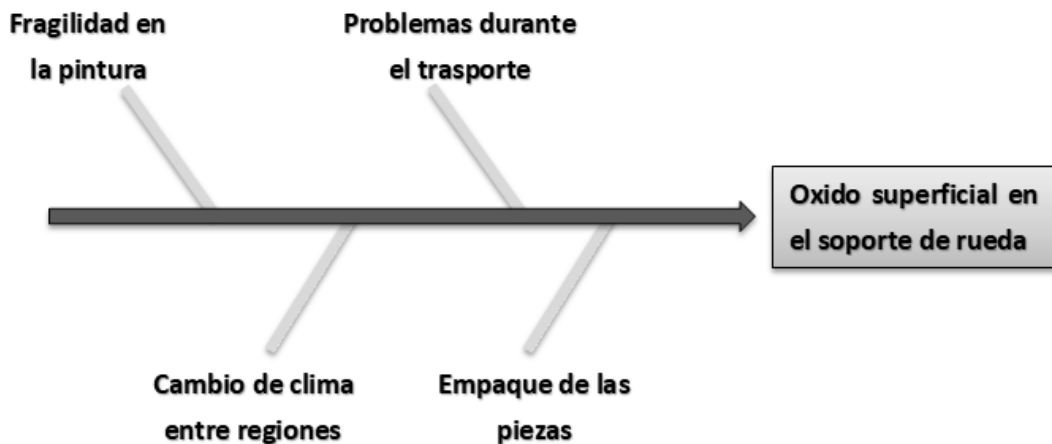
*Fig. 21 Fundición de acero*

Para tener números más exactos en cuanto al material de HITACHI se hizo un formato en el mes de Enero en el cual se especifica caja por caja cuanto material está saliendo en mal estado, en la tabla 4 se muestra un machote similar al llenado por los operadores.

Para los meses anteriores solo se hizo una estimación de acuerdo a los RIDS correspondientes a esos meses.

Como se puede observar el mayor porcentaje de piezas NOK se deben a óxidos superficiales en las piezas; HITACHI se encuentra Lawrenville, Pensilvania.

Para determinar la causa del problema se decidió hacer uso del diagrama Causa y efecto o mejor conocido como diagrama de pescado.



*Ilustración 2 Diagrama de causa efecto*

En el diagrama se muestran las causas por las cuales el material presenta los defectos de pintura antes mencionados, dichas causas fueron determinadas por el proveedor y por la empresa Escantillones Tec.

## Especificaciones de temas

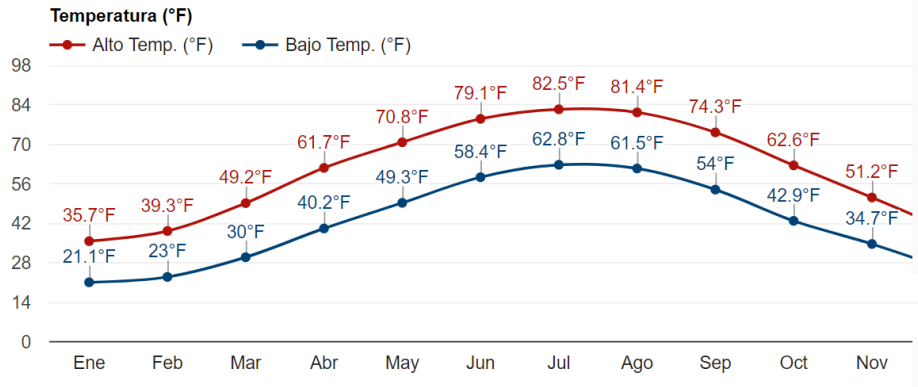
### Fragilidad en la pintura

Según la tabla 7 proporcionada por HITACHI la pintura utilizada en el proceso actual es la pintura epoxica, que contiene sustancias como óxido de hierro sintético, resina acrílica, fosfato de calcio, entre otros.

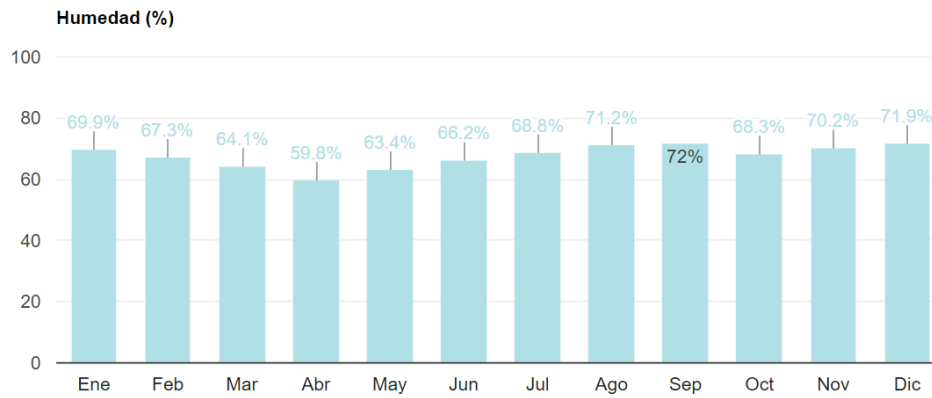
Según un estudio realizado por grupo Master Coat las recomendaciones para el uso de esta pintura son:

- No aplicar la pintura a temperaturas mayores a los 42 °C.
- No aplicar la pintura a condiciones de humedad mayores al 80%, pues interfiere con el secado del producto.
- El almacenaje debe ser en un lugar seco, perfectamente cerrado, a una temperatura de 25°C.

Según Weather atlas los promedios de temperatura y humedad del año 2017 fueron.



Grafica 4 Promedio de temperaturas en Lawrenceville, Pensilvania



Grafica 5 Promedio de humedad relativa en Lawrenceville, Pensilvania

Como se puede observar en las gráficas se trata de un lugar frio en donde gran parte del año se está por debajo de los 77°F o 25°C los cuales son recomendables para el almacenamiento del material pintado.

Esto puede presentar problemas de adherencia en la pintura epóxica y presentarse más tarde como fragilidad en la misma.

Problemas durante el transporte

Las piezas son enviadas mediante transporte terrestre a VWM en Puebla, un viaje común puede durar de 18 a 21 días aproximadamente,

Para su empaque se emplea una caja de madera que contiene 175 piezas, las piezas están acomodadas en camas y no cuentan con algún material que las proteja entre sí como se observa en la Fig.22.



*Fig. 22 Empaquetado de las piezas*

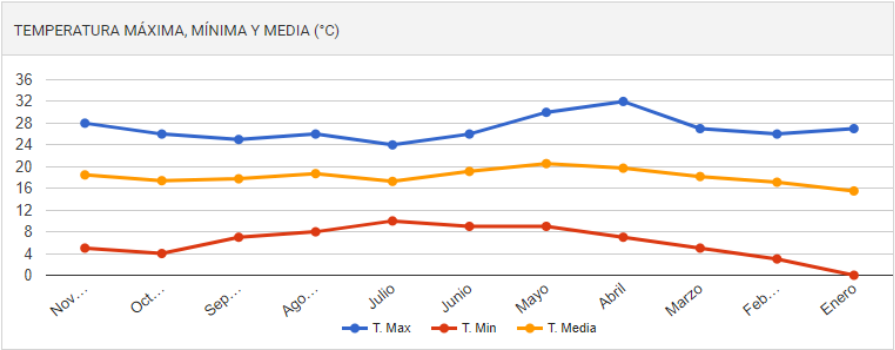
A lo largo del recorrido de las piezas estas se van frotando continuamente unas con otras, esto puede causar desprendimiento de pintura en los puntos de esfuerzo de la misma, estos puntos quedan desprotegidos exponiendo el acero de fundición a la intemperie donde la humedad y la temperatura se encargan de crear partículas de óxido sobre el material durante los días de transporte, cabe mencionar que este tipo de empaque fue determinado por VWM.

### **Cambio de clima entre regiones**

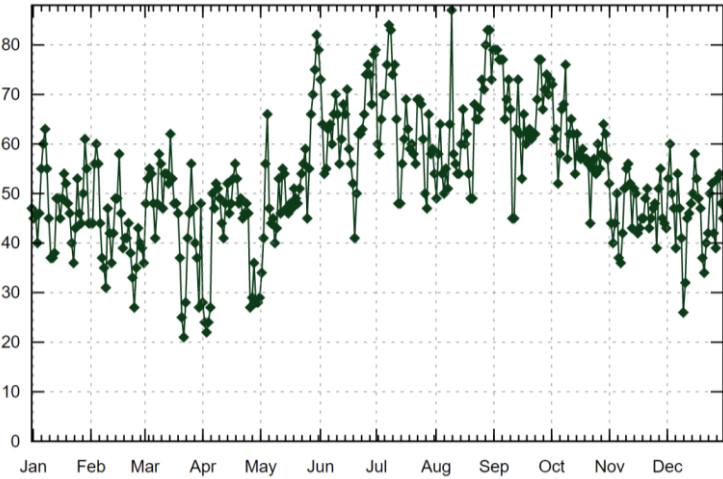
El cambio geográfico por los que pasan las piezas durante el transporte y en su almacenamiento tanto en bodegas de VWM e HITACHI, también son un factor que incide en la corrosión de las piezas del soporte de rueda.

El clima en Pensilvania, EU, es muy diferente al de Puebla, Mex. Y también se debe tomar en cuenta que durante su transporte las piezas pasan por lugares como OHIO, Tennessee, Dallas, Monterrey y Guanajuato.

Para este estudio solo se agregara los valores de humedad y temperatura promedio de los puntos más críticos que son Puebla y Pensilvania.



Grafica 6 Promedio de temperaturas en Puebla, Mex.



Grafica 7 Promedio de humedad relativa en Puebla, Mex.

Como se puede observar en las gráficas de humedad y temperatura, las diferencias de humedad y temperatura entre Pensilvania y Puebla son amplias, esto también puede provocar la generación de óxido en las piezas, además la cantidad de precipitaciones presentadas en las rutas de las piezas también son un factor influyente en la corrosión superficial.

Recordemos que según Figueroa los gases constitutivos del aire ( $N_2$ ,  $O_2$ ), así como las impurezas gaseosas o sólidas contenidas en el aire (vapores industriales, tales como  $CO_2$ ,  $SO_4$ ,  $NH_3$ ,  $SH_2$ ,  $NCL$ ,  $NO_2$ ) son estimulantes corrosivos, puesto que para esta investigación, la ubicación, transporte y diferencia de climas son un factor de importancia del tema de acreditación.

### **Empaque de las piezas**

Como se menciona anteriormente las piezas se empaquetan en una caja de madera de 175 piezas acomodadas por camas, la única protección de las piezas hacia el ambiente exterior es la caja del transporte terrestre y la protección brindada por las cajas de madera.

Recordemos que las piezas viajan a través de diferentes condiciones atmosféricas que propician ambientes corrosivos, cabe mencionar que además de lo mencionado las piezas no cuentan con un medio de protección adecuado como materiales de sacrificio u otros métodos anticorrosivos que mejoren la condición de las piezas al llegar a VWM.

### **Procesos de pintado de HITACHI y composición química de sus pinturas**



Como se muestra en la tabla 5 el proceso actual de pintura del soporte de rueda consta de 5 tanques con enjuagues de limpieza, tiempo de curado, pintado e incluso revenido de pintura.

Cabe mencionar que debido a la composición química de la pintura epoxica de las cuales se encuentran grandes cantidades de resina acrílica, carbón y óxido de hierro sintético, se incrementa la cantidad de COV's producidos por la pintura.

### 4.3 Propuesta de solución

En VWM las acciones ecologistas tienen gran relevancia en todos los proyectos, desde las líneas de ensamble y pintado, hasta el maquinado de piezas de automotores, debido a esto se creó el proyecto THINK BLUE que a grandes rasgos es un programa de demuestra el compromiso de Volkswagen de México con el medio ambiente, de modo que tanto los proveedores T1, T2 y las ensambladoras de todo el mundo involucradas en los procesos de VW deben de adaptarse a estos cambios de acuerdo a las norma TL de la ensambladora.

Para las propuestas de este proyecto se tomó en cuenta antes que nada el grado de ecología que presentan dichas propuestas.

Para la acreditación de un mayor número de piezas en VWM y un decremento en los RIDS del soporte de rueda de HITACHI.

### **Cambio de pintura**

## **Cambio de pintura a una pintura más ecológica y con mejor adherencia (Ecoat)**

La pintura Ecoat presenta muchos beneficios en comparación con la pintura epoxica, existen variantes que son a base de agua y producen menos COVS, también pueden comprender procesos más fáciles y acoplarse a la forma de las piezas de una mejor manera.

La pieza se sumerge en una solución acuosa que contiene una emulsión de pintura a la que se aplica un voltaje eléctrico, lo que hace que la emulsión de pintura se deposite sobre la pieza. Se puede pintar hacia adentro y hacia fuera de la pieza, donde quiera que el líquido pueda alcanzar una superficie del metal, esto presenta beneficios para las piezas.

## **Durante el transporte y almacenaje**

### **Utilización de bolsas VCI**

Las bolsas VCI son utilizadas para prevenir ataques a ciertos metales durante los tiempos de producción, almacenaje, transporte o almacenamiento. Por tratarse de un producto que actúa en su fase vapor, es necesaria una determinada concentración de vapores para que se alcance el equilibrio dentro del sistema de embalaje.

Se puede hacer uso de estas para el transporte de los embalajes de los soportes de rueda para contener el ambiente anticorrosivo hasta llegar a VWM.

## **Materiales de sacrificio**

El uso de estos materiales puede aumentar en gran medida la cantidad de piezas acreditables, pues aunque las piezas se golpe y expongan el acero de fundición, estas partes estarán protegidas por el VCI.

El uso de materiales de sacrificio que protejan a las piezas contenidas dentro de las cajas de madera.

Se pueden utilizar pequeñas porciones de materiales anódicos para proteger los soportes de rueda, de ese modo los primeros en oxidarse serán dichos materiales.

### **Separadores de pieza**

Hacer uso de una cama que separe las piezas entre sí para evitar rozamientos y a la vez evitar brotes de corrosión en las mismas.

En el laboratorio de pruebas de nave 5 se demostró que estos golpes son en mayor medida los que hacen que la corrosión de inicio en las piezas, sin embargo también la cantidad de piezas enviadas a VWM es primordial.

## **4.4 Desarrollo del proyecto**

## Reconocimiento de la empresa

Los primeros pasos del proyecto fueron conocer más a la empresa, su giro, su forma de trabajar y su relación con la industria automotriz.

Debido a la cantidad de materiales y ubicaciones en VWM se creó un LAYOUT muy sencillo de la empresa, basándose únicamente en las áreas en las que el grupo tiene participación.



*Fig. 23 Volkswagen de México*

Como se mencionó en los primeros capítulos Escantillones Tec es una empresa prestadora de servicios a los proveedores de VWM cuya oficina se encuentra en Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, se trata de una compañía que se dedica a la garantizarían de piezas de proveedores que tiene problemas y reclamos de parte de VolksWagen.

Cabe mencionar que también trabaja para otras ensambladoras como Audi, GM, NISSAN, etc.

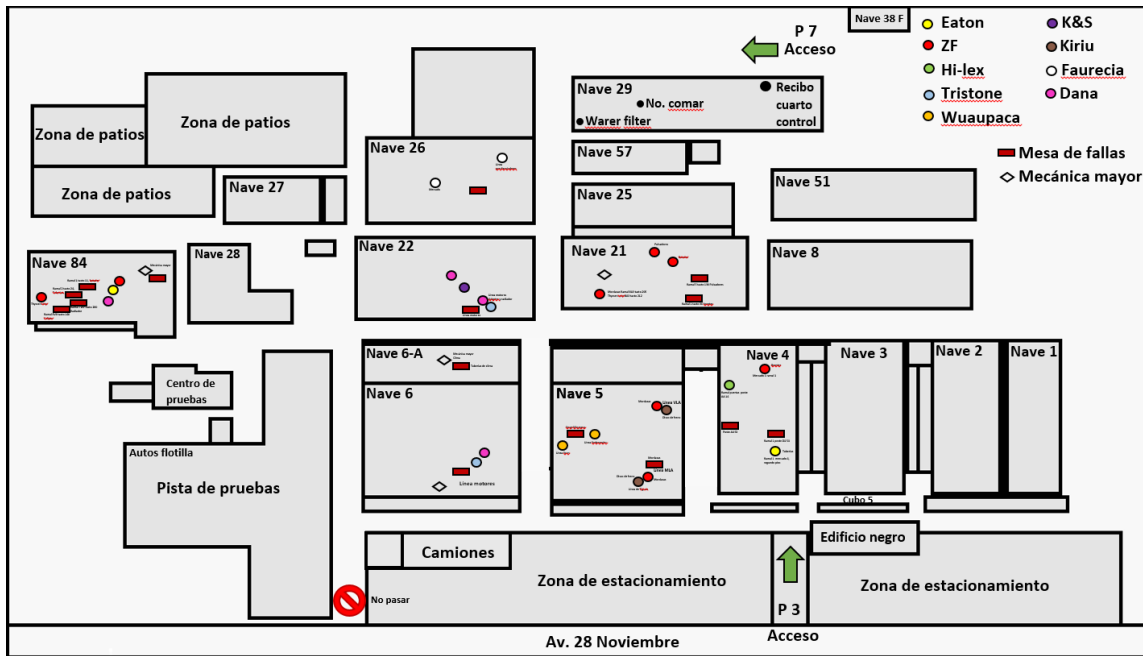


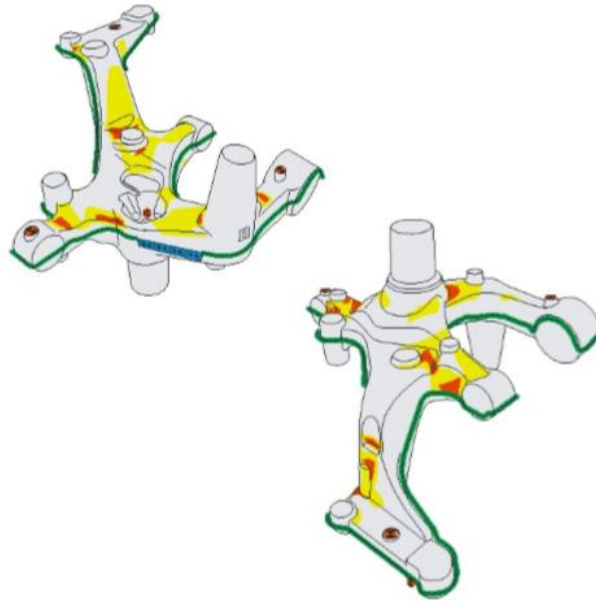
Ilustración 3 Layout de áreas de interes

Para este proyecto solo nos enfocaremos en nave 5 en la cual se maquinan los soportes de rueda de HITACHI.

### Reconocimiento del área de maquinado de los soportes de rueda de HITACHI

La máquina encargada de hacer el maquinado se conoce como LICON, la cual es una fresadora CNC que se encarga de hacer diferentes trabajos a las piezas, dicha maquina cuenta con una banda trasportadora que tiene unas bases con un sistema POKA YOKE que consiste en acomodar los soportes de rueda traseros, unas bases tienen figura para colocar soportes de rueda izquierdos (5QN 505 435B) y otras bases tienen figura para piezas derechas (5QN 505 436B) de esta manera el

secuenciado no falla y la maquina opera a mayor velocidad y tiene menos errores en el maquinado.



*Fig. 24 Soporte de rueda trasero de Hitachi*

La máquina trabaja durante jornadas de 8 horas, de 2 a 3 turnos según producción decida, estos roles son decididos al mes, al turno se procesan 175 piezas de cada número de parte haciendo un total de 350 piezas al turno.

Por turno se designa a un operador el cual deberá calibrar la máquina, examinar las piezas manufacturadas, cambiar cortadores, clasificar SCRAP y preparar la máquina para el entregue de turno, además este operador supervisa la calidad de la pintura de los soportes de rueda, es decir, es en este punto donde las piezas con problemas en el pintado, con oxido u falta de pintura son apartadas para hacer los RIDS de VWM.

También con supervisión del coordinador de turno se designa si las piezas van a exportación (EU) o a serie que bien se puede entender como piezas de refacción o mercado nacional.

La línea LICON se ubica en el lado central izquierdo de nave 5, y solamente se dedica al maquinado de soporte de rueda trasero de la línea Jetta A6.



*Fig. 25 Jetta A6*

LICON se encuentra operando desde que se comenzó el proyecto del JETTA A6.

Cabe mencionar que el equipo de trabajo de escantillones Tec debe estar en constante comunicación con los operadores de esta línea para poder identificar fallas en los materiales u otros temas de interés para el proveedor.

Durante el periodo del proyecto VWM operaria la línea LICON de acuerdo al siguiente cronograma.

semana	primer turno	segundo turno	tercer turno
1	si	si	no
2	si	si	no
3	si	si	no
4	si	si	no
5	si	si	no
6	si	si	no
7	si	si	no
8	si	si	no
9	si	si	no
10	si	si	si
11	si	si	si
12	si	si	si
13	si	si	si
14	si	si	si

*Tabla 9 9 Repartición de turnos línea LICON*

Los mantenimientos de la maquina son programados cada semana y transcurre alrededor de 3 horas, y en muchas veces solo es necesario cambiar herramientas.

**Capacitación sobre los soportes de rueda de HITACHI, trasporte, almacenaje y línea de maquinado**



El soporte de rueda trasero de HITACHI es manufacturado mediante una fundición de acero, una vez creada la forma del soporte de rueda este pasa por un proceso de pintado.



Fig. 26 Proceso de fundición de Hitachi

El proceso de pintado era mediante pintura epoxica rociada por spray, el proceso constituía 8 etapas que son:

Current Process				
	Purpose		Conc	Temp
Tank 1	Cleaner	Clemetall Gardoclean S5699	7.50%	Amb
Tank 2	Rinse	City Water		Amb
Tank 3	Rinse	RO Water		Amb
Tank 4	Paint	PPG Framecoat II	17 - 22 % solids	Amb
Tank 5	Rinse	RO Water		Amb
Tank 6	Rinse	City Water		Amb
Cure Temp		400 deg F		
Oven Time		50 minutes		

Cabe mencionar que las piezas que produce deben ir con las dimensiones que VW pide, además el tratamiento y terminado de las piezas deben ser aprobadas por las normas de TL de VW.

i



*Fig. 27 Proceso de Hitachi*

### **Sobre el estado de la pintura, transporte y calidad de las piezas.**

La calidad y la ecología lo son todo para VW, por ello el estado de las piezas que son enviadas a VW son diagnosticados en un laboratorio ubicado en la planta de HITACHI, se evalúa la cantidad de COVS emitidos, si al fundición está en buen estado y la manera en la que serán transportadas las piezas (todo ello depende de cuánto dinero se gane tanto para VWM como para HITACHI).

Una vez que el soporte de rueda es aprobado es enviado desde Pensilvania a VWM por vía terrestre de hasta 95 pallets cuyo valor neto supera los 36000 dólares, por lo que la pérdida de un embarque sería catastrófica.



*Fig. 28 Transporte de piezas*

Una vez arribadas las piezas en VWM estas pasan al alancen de SEGLO (compañía que se encarga de surtir materiales a VW) quien surte materiales a los secuenciadores de SERVINSA (compañía que se encarga de secuenciar material a las líneas de VW) quienes final mente surten los folios a línea LICON.



*Fig. 29 Seglo y servimsa*

Una vez que las piezas llegan a la línea LICON estas son inspeccionadas por los operadores y por el equipo de Escantillones TEC y se determinan cuales piezas son acreditables, estas piezas son las que se montan en la maquina LICON y se maquinan.

Es en este punto donde el equipo de Escantillones Tec audita las piezas y envía una retroalimentación al proveedor.



*Fig. 30 Inspección visual de las piezas*

Como se mencionó anteriormente en el reporte se muestran las cajas auditadas y el total de piezas no acreditables, incluyendo el motivo por el cual no son acreditables y pasaran a ser parte del SCRAP de VW.

### **Reconocimiento de centro de pruebas y áreas críticas**

Por cualquier detalle con una pieza que presente alguna anomalía existen los centros de pruebas de laboratorios de VW.

Estas piezas son canalizadas a los laboratorios y se determina la causa del problema inicial, los resultados son enviados a los ingenieros de calidad partes de

compra (quienes contratan a los proveedores son los encargados de los temas de calidad de las piezas) y a los proveedores.



*Fig. 31 Laboratorios de prueba de materiales*

**Investigación de pintura y motivos de rechazo de piezas, determinación de modos de fallas.**

El 3 de febrero se hizo un estudio de las piezas de HITACHI.



*Fig. 32 Ejemplo de óxido en soporte de rueda*

VW no permitió acceso a la información, sin embargo la investigación con el equipo indica que la composición química de la pintura utilizada en los soportes de rueda ya no era aprobada por las normas de VW, Por lo que se tuvo que cambiar el proceso de pintado de VW.

De igual manera la adherencia era deplorable por lo que la fragilidad de la pintura en las piezas se incrementó.

Para determinar más concretamente los modos de fallas se elaboró un AMEF

Funcion de la pieza	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad (S)	Criticidad (CCRT)	Causa de falla	Ocurrencia (O)	Controles de deteccion	Deteccion (D)	Nivel de riesgo NPR	Recomendaciones	Acciones Tomadas	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Deteccion (D)	Nivel de riesgo NPR
proteccion contra la corrosión	oxido superficial	corrosion temprana en la pieza	8		tipo de pintura empleada	10	Inspección visual.	9	720	Cambio de pintura y corroboracion a VWM	Cambio de pintura	1	3	2	6
			6		desprendimiento de pintura durante el trasporte	10	Inspeccion visual	2	120	separadores de piezas	ninguna				0
			7		tipo de proteccion otorgada a las piezas	10	Inspección visual.	1	70	utilizacion de bolsas VCI	bolsas VCI	2	3	1	6
			4		almacenaje inadecuado	3	Inspección visual.	5	60	mejor almacenaje	ninguna				0
	Pintura fragil	corrosion temprana en la pieza	6		tipo de pintura empleada (pintura epoxica)	2		1	12	hacer cambio de pintura y distinguir las piezas	cambio de pintura y distincion	1	1	1	1

*Tabla 10 Análisis AMEF realizado*

En el análisis AMEF indica:

El modo de falla es la presencia de óxido superficial en las piezas de HITACHI.

El efecto es la corrosión provocada por el óxido, por lo cual las piezas no son acreditables, ni trabajables, lo que es un indicador de que se tiene que mejorar la calidad de la pintura y de las piezas.

Dentro de las causas se encuentran:

- El tipo de pintura empleada por HITACHI
- Desprendimiento de fragmentos de pintura debido al roce entre piezas durante el transporte.
- Falta de protección contra ambientes corrosivos en su almacenaje y transporte.
- Almacenaje y tipos de clima por los que las piezas fallan.

Además cabe mencionar que por las norma TL 260 de Volkswagen era necesario el cambio de la pintura debido al nivel de toxicidad que esta presenta, con una tolerancia de 3 meses para hacer el cambio.

Una vez detectados los modos de fallas se le notifico inmediatamente a proveedor y se le brindaron las propuestas ya detalladas anteriormente.

### **Seguimientos de propuestas**

Durante los primeros días de febrero se entregaron las propuestas al proveedor quien mediante su laboratorio hizo las pruebas necesarias para evaluar.

El primer criterio y más crítico de todos fue el cambio de la pintura.

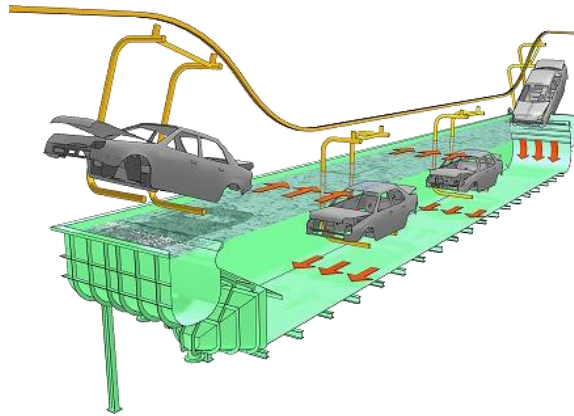


Fig. 33 Proceso Ecoat

El proceso Ecoat nuevo tendría una nueva secuencia de pasos:

New Process				
	Purpose		Conc	Temp
Tank 1	Cleaner	Bonderite C-AK 2807	5.00%	140 - 160 deg F
Tank 2	Rinse	City Water		Amb
Tank 3	Rinse	RO Water		Amb
Tank 4	Paint	Bonderite 930C	7 - 9%	68 - 72 deg F
Tank 4	Starter	Bonderite M-AD 300		
Tank 4	Iron	Bonderite M-AD 35		
Tank 5	Rinse	RO Water		Amb
Tank 6	Rinse	City Water		Amb
Tank 6		Bonderite M-PT E2		125-140 deg F
Tank 6		Bonderite M-AD 700		
Cure Temp		350 deg F		
Oven Time		50 minutes		

Con una mejor adherencia, más resistencia a la corrosión e incluso más ecológica las pruebas fueron positivas, además presenta mejor adherencia que el anterior puesto que a la hora de pintar se induce voltaje a la mezcla que se encuentra en la tina de pintado.



**Salt Spray Resistance  
Humidity Resistance  
VW Engineering Standard TL 260 (Ofi-x100)**

Test Item	Test Conditions	Requirement	VW Castings – Test Results #0131-1, 0131-2
VW Casting #0131-1 UNSCRIBED	48 hours Salt Spray DIN EN ISO 9227	No blisters and no base metal corrosion	No blisters and no base metal corrosion
VW Casting #0131-2	72 hours Humidity DIN EN ISO 6270-2	No blisters and no base metal corrosion	No blisters and no base metal corrosion
VW Casting #0131-2	Adhesion After Humidity DIN EN ISO 2409	Rating less than or equal to 1	Rating = 1

*Tabla 11 Resultados de las pruebas de pintura*

Como se muestra en la tabla 13 con la nueva pintura aun expuesta a ambientes corrosivos como humedad y sal no existió grado de corrosión alguna, y según la Norma de VW la pintura es competente de acuerdo a esta norma.

La composición química del proceso es:

Tree Level	Description Article Name Name Substance name	Part/Item No. Item-/Mat.-No. Material-No. CAS No.	IMDS ID / Version	Quantity	Weight [g]	Portion [%]	Portion (from - to) [%]	Classif. GADSL, SVHC	Parts Marking Recyclate (Indust./Consumer) Application [ID]
1	E-COAT	CF590-534	308669218 / 1					6.1	
├-2	Polyurethane resin	-				83.875			
├-2	Kaolin	1332-58-7				13.5	11 - 16		
├-2	Carbon black	1333-86-4				1.5	1 - 2		
├-2	Dibutyltin-oxide	818-08-6				1.125	0.75 - 1.5	D / P	

Las pruebas se hicieron en las piezas reposadas 48 horas en ambientes salinizados y 72 horas de humedad.

A continuación se muestran los archivos tomados por HITACHI de las piezas que fueron puestas a prueba en sus laboratorios.



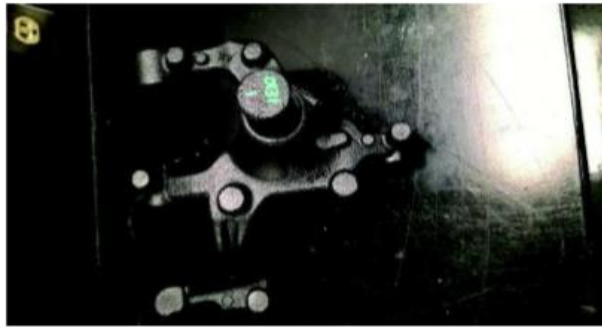
Before Coating

*Fig. 34 antes del protección con Ecoat*



After 930C Coating

*Fig. 35 Después de Ecoat*



After 48 hrs of Salt Spray

*Fig. 36 Después de 48 horas de ambiente salado*



After 72 hrs of Humidity and Adhesion

*Fig. 37 Después de 72 horas con humedad*

Como se puede observar la pieza a pesar de las pruebas sometidas, no sufrió grandes daños por oxido por lo que en la prueba se demuestra la mejoría con el cambio de pintura.

También se probaron las bolsas VCI para el transporte y almacenaje de las piezas, las piezas se siguieron enviando en las cajas de madera pero con una bolsa VCI adicional.



*Fig. 38 Empaque con bolsa VCI anticorrosiva*

Como se puede observar en la Fig.36, las piezas ahora están protegidas por la bolsa VCI que aísla el ambiente corrosivo de las piezas.

Por cuestiones de presupuesto y necesidades de VWM, HITACHI no incluyo los materiales de sacrificio ni tampoco las camas separadoras.

Después de este proceso se determinó que tanto la bolsa como el cambio de pintura se harían y los primeros embarques llegarían en la primera semana de abril, mientras que se agotaba el stock del mes de marzo.

### **Análisis y acreditación de piezas mes de abril**

Como se mencionó anteriormente en el mes de abril llegarían las primeras piezas, las cuales serían puestas a prueba por el personal de VW de línea LICON.

Ya con un cambio de pintura y protección contra ambientes corrosivos, Se notó una gran mejora en las piezas disminuyendo de un promedio de 75 a una media de 12 piezas no acreditables.

Además las pintura no es tan toxica como las anteriores por lo que se logra el objetivo de ser ecológica y ser aprobada por la TL260 de VW.

Para la evaluación de las piezas que entraron en la primera semana de abril se utilizó el mismo formato que se fue llenando mes con mes anteriormente.

Estado de las piezas de Hitachi							
Abril 2018							
numero de parte	piezas acreditables	piezas con oxido	piezas con pintura frágil	total de piezas auditadas	X de piezas con oxido	X de piezas con pintura frágil	folios en el mes
435B	3404	252	19	3675	12	0,904761905	21
436B	3409	249	17	3675	11,85714286	0,80952381	21

*Tabla 12 Estado de piezas semana 14*

Una vez obtenidos unos resultados favorables para el proveedor, se decide proseguir con el método actual, ya corroborado por VW.

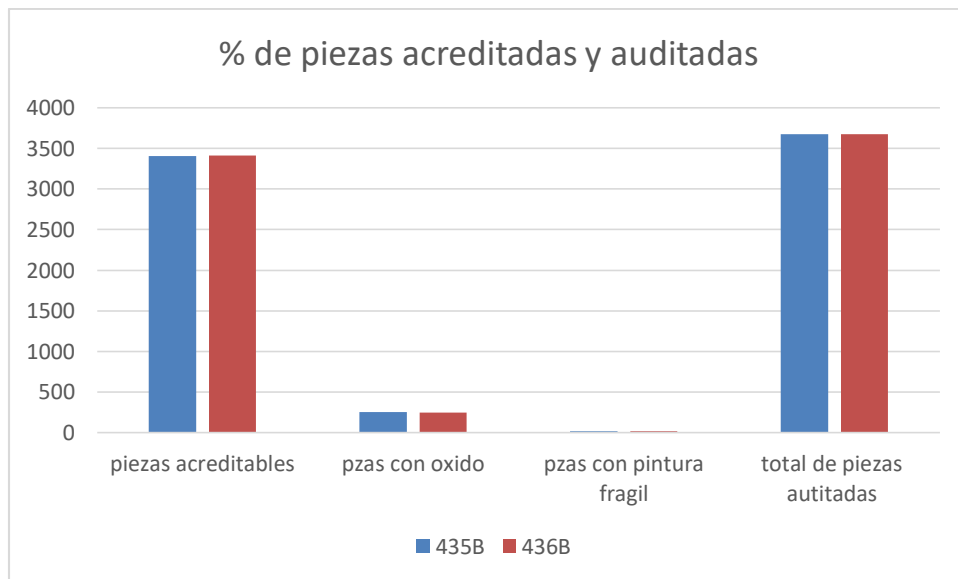
## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS

#### 5.1 Resultados

El único porcentaje medible de los soportes de rueda medible es el auditado durante la primera semana de abril (semana 14 del año) este material, ya viene con los cambios del proveedor, cambio de pintura epoxica a Ecoat y bolsas VCI.

A continuación se presenta una gráfica del material auditado.



*Grafica 8 Piezas acreditables mes de abril*



*Grafica 9 Porcentajes de acreditación semana 14*

Como se puede observar en las gráficas el porcentaje de piezas acreditadas para producción es del 94% (3404 piezas en total de 3675) a comparación de las piezas anteriores que tenían un 45% de piezas no acreditables; estos porcentajes son obtenidos gracias a las propiedades de adherencia de la pintura Ecoat y ambiente anticorrosivo otorgado por las bolsas VCI.

Otro resultado notable es que la pintura Ecoat es menos toxica que la pintura epoxica puesto que tiene menos componentes y está hecho a base de resina de poliuretano, la cual es reciclable.

Hay que tomar en cuenta los factores ambientales que se presentan desde la concepción de la pieza hasta el maquinado en VWM, pues hay que tomar en cuenta que el estudio se hizo durante parte de invierno y primavera, a pesar de la protección brindada puede variar de acuerdo a estos factores.

## CONCLUSIONES

Se puede inferir que el porcentaje de piezas acreditadas del soporte de rueda trasero de HITACHI aumento en buen numero, pasando de un 55% a un 94%del total de piezas auditadas en un mes, pues por este mismo problema HITACHI estaba perdiendo mucho dinero mucho dinero (35000 dólares por embarque más costos de destrucción o reenvío).

Se espera mejorar aún más el porcentaje de acreditación de piezas, pues a pesar de todo aun salen una gran cantidad de piezas por parte de proveedor, por cuestiones de responder con rapidez al problema se decidió solo cambiar la pintura y comprar las bolsas VCI, pues estas cosas incrementan el valor del producto, y para poder mantenerse competente el precio lo es todo, sin embargo HITACHI tratara de erradicar aún más sus defectos.

Durante las siguientes semanas se estará viendo la forma de erradicar casi al 100% la cantidad de piezas afectadas por el óxido, esto puede ser de ayuda para que HITACHI pueda ser llamado como proveedor de futuros proyectos de ensamble.

También se planea erradicar los errores de fundición del soporte de rueda, que es otro tema muy distinto al de la pintura.



# ANEXOS

## Anexo 1 comparación de procesos de pintado de Hitachi



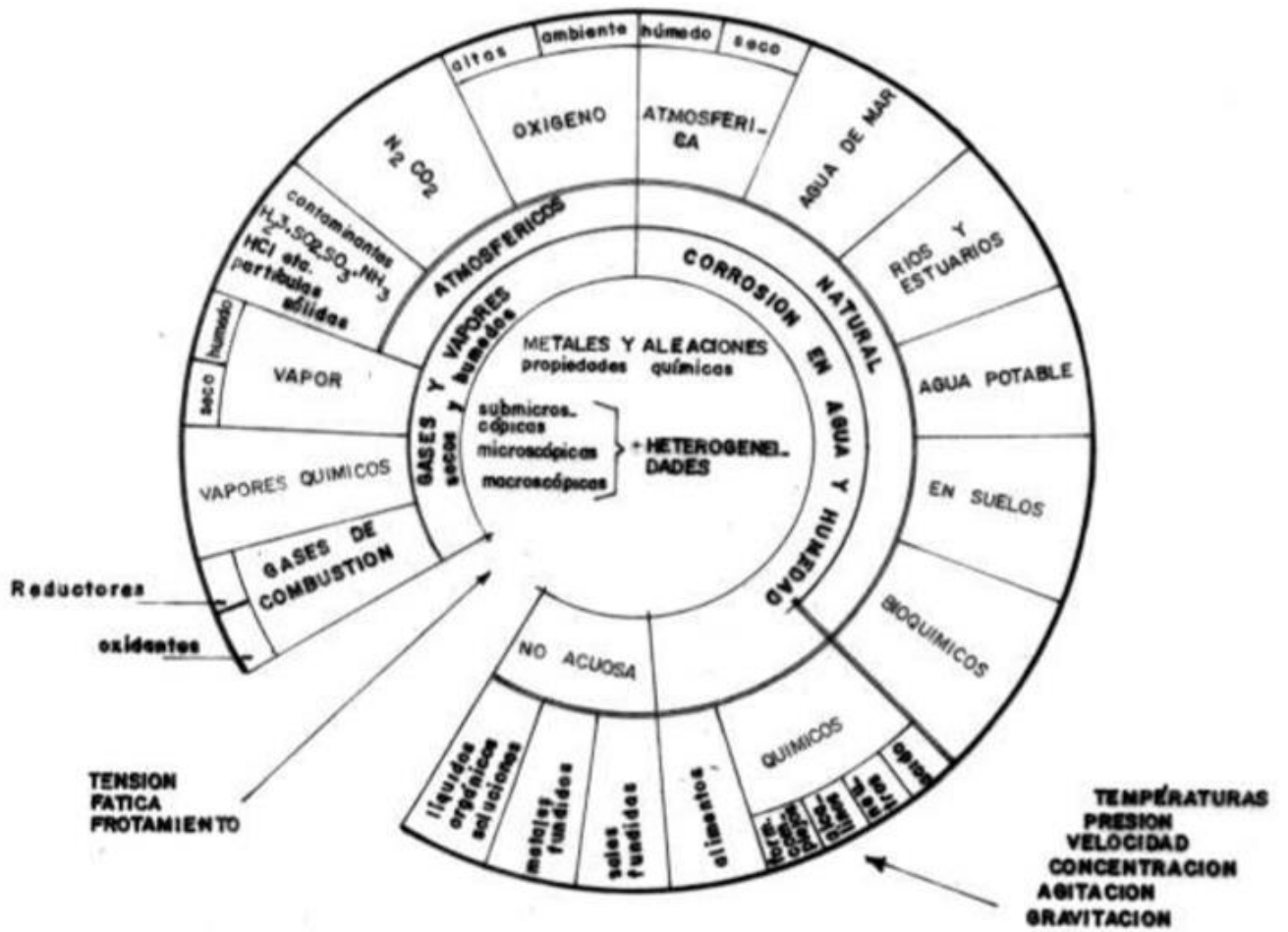
# Hitachi Metals / Waupaca Foundry

## Process comparison

Current Process				
	Purpose		Conc	Temp
Tank 1	Cleaner	Clemetall Gardoclean S5699	7.50%	Amb
Tank 2	Rinse	City Water		Amb
Tank 3	Rinse	RO Water		Amb
Tank 4	Paint	PPG Framecoat II	17 - 22 % solids	Amb
Tank 5	Rinse	RO Water		Amb
Tank 6	Rinse	City Water		Amb
Cure Temp		400 deg F		
Oven Time		50 minutes		

New Process				
	Purpose		Conc	Temp
Tank 1	Cleaner	Bonderite C-AK 2807	5.00%	140 - 160 deg F
Tank 2	Rinse	City Water		Amb
Tank 3	Rinse	RO Water		Amb
Tank 4	Paint	Bonderite 930C	7 - 9%	68 - 72 deg F
Tank 4	Starter	Bonderite M-AD 300		
Tank 4	Iron	Bonderite M-AD 35		
Tank 5	Rinse	RO Water		Amb
Tank 6	Rinse	City Water		Amb
Tank 6		Bonderite M-PT E2		125-140 deg F
Tank 6		Bonderite M-AD 700		
Cure Temp		350 deg F		
Oven Time		50 minutes		

Anexo 2 Reacciones metal corrosivo



### Anexo 3 Analisis AMEF del soporte de rueda

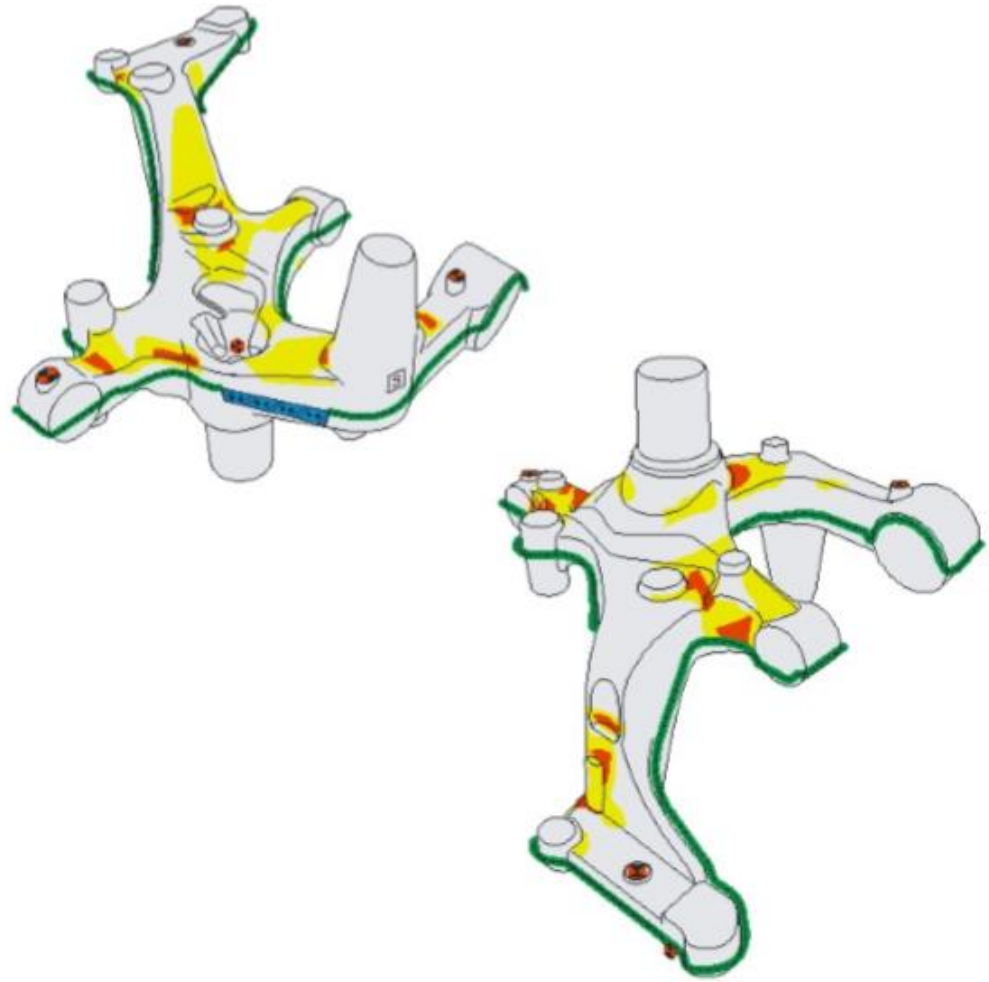
Funcion de la pieza	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad (S)	Criticidad (CCRT)	Causa de falla	Ocurrencia (O)	Controles de deteccion	Deteccion (D)	Nivel de riesgo NPR
proteccion contra la corrosión	oxido superficial	corrosion temprana en la pieza	8		tipo de pintura empleada	10	Inspección visual.	9	720
			6		desprendimiento de pintura durante el transporte	10	inspeccion visual	2	120
			7		tipo de proteccion otorgada a las piezas	10	Inspección visual.	1	70
			4		almacenaje inadecuado	3	Inspección visual.	5	60
	Pintura fragil	corrosion temprana en la pieza	6		tipo de pintura empleada (pintura epoxica)	2		1	12

Nivel de riesgo NPR	Recomendaciones	Acciones Tomadas	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Deteccion (D)	Nivel de riesgo NPR
720	Cambio de pintura y corroboracion a VWM	Cambio de pintura	1	3	2	6
120	separadores de piezas	ninguna				0
70	utilizacion de bolsas VCI	bolsas VCI	2	3	1	6
60	mejor almacenaje	ninguna				0
12	hacer cambio de pintura y distinguir las piezas	cambio de pintura y distincion	1	1	1	1

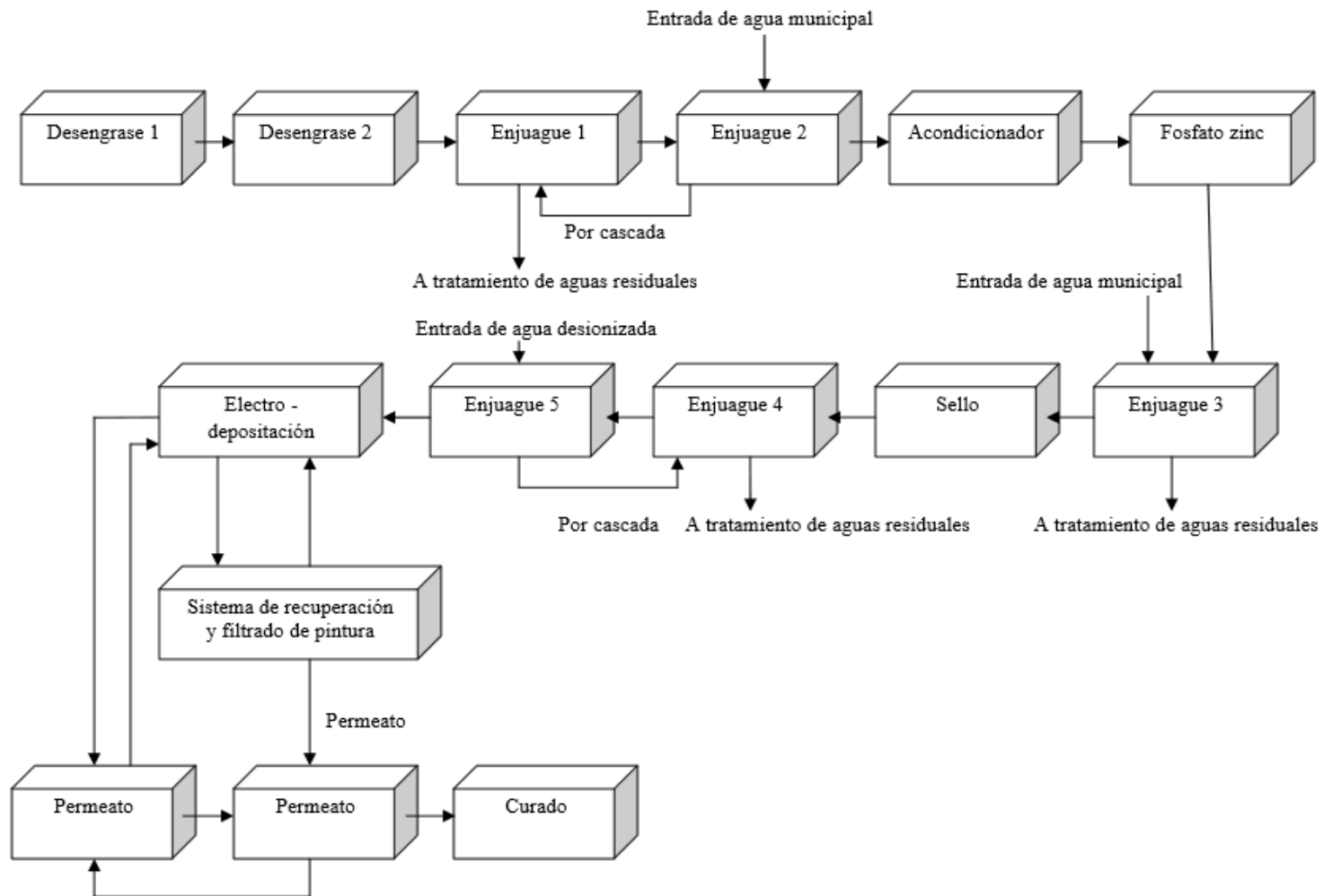
Anexo 4 sustratos usados para la construcción de autos Streitberger, H.J. Friedich, (2008).

Número	Material	Espesor depositado	Ejemplos
1	Acero laminado en frío	-	Acero dulce
2	Electro galvanil, un lado	5 – 7.5 $\mu\text{m}$	Zn
3	Electro galvanil, dos lados	5– 7.5 $\mu\text{m}$	Zn
4	Galvanil por inmersión caliente	10 – 15 $\mu\text{m}$	Zn
5	Galvanil	10 – 15 $\mu\text{m}$	Capa de Zn/Al
6	Zinc-nickel	7.5 $\mu\text{m}$	-
7	Electro galvanil + capa de zinc y fierro	7.5 + 3 $\mu\text{m}$	-
8	Galvanil por inmersión caliente + capa de zinc y fierro	10 + 3 $\mu\text{m}$	-
9	Primer soldable	1.5 – 6 $\mu\text{m}$	Pigmentado con Zn, FeP
10	Aluminio	-	AA 6016, AA6022
11	Magnesio	-	AM60, AZ31, AZ91
12	Plastico	-	PP-EPDM
13	Acero inoxidable	-	-
14	Zinc-magnesio	3 + 0.3 $\mu\text{m}$	-

Anexo 5 diseño de la pieza soporte



Anexo 6 diagrama del proceso de electro recubrimiento común



## REFERENCIAS

- Ángeles, M., Niklas, A., Conde, A., & Méndez, S. (2014). Comportamiento frente a la corrosión de fundiciones con grafito. *REVISTA DE METALURGIA*.
- Aznar, A. C. (1978). PERMEABILIDAD DE PELICULAS DE PINTURA. *PERMEABILIDAD DE PELICULAS DE PINTURA*. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT).
- Calderón, f. M. (s.f.). Contaminantes organicos volatiles . En f. M. Calderón, *contaminantes organicos* .
- DeBerry, D.W., Kidwell, J.R., Malish, & D.A. (1982). *Corrosion in potable water systems*. United States Environmental Protection Agency, USA.
- Figueroa, J. C. (septiembre de 2006). CONOCIMIENTO Y PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN. *CONOCIMIENTO Y PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN*. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Giudice, C. A., & M. Pereyra, A. (2009). tecnología de pintura y recubrimientos . Buenos aires, Argentina .
- Giudice, C. A., & Pereyra, A. M. (s.f.). PINTURAS ANTICORROSIVAS PARA SUSTRATOS. México.
- guzmán, j. a. (2009). Protección frente a la corrosión metálica. *Protección frente a la corrosión metálica con recubrimientos poliméricos: estudio electroquímico y microelectroquímico*. soportes audiovisuales e informáticos.
- Roberge, & Tullmin, M. (2000). *Atmospheric Corrosion, inuhlig's Corrosion Handbook*. John Wiley & sons.
- Friedich, H. (2008). Proceso de electrocubrimiento .
- CESVIMAP. (s.f.). Introducción al proceso de pintado de vehiculos . *Introducción al proceso de pintado de vehiculos* .
- Ferrepro. (2017). productividad con E coat . *Ferrepro*.
- Bas, J. P. (17 de septiembre de 2011). la corrosion en el vehiculo . *publicaciones didacticas* . publicaciones didacticas .