



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS DEL
DEFECTO DE ESCURRIMIENTO DE ZINC
EN EL GALVANIZADO DENTRO DE LA
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

TESINA

Que para obtener el título de
INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A

Miguel Angel Ramos Gayol

DIRECTOR DE TESINA

M. en C. Edgar Isaac Ramírez Díaz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Prólogo

En esta tesina se muestran las pruebas realizadas durante el año 2015 para liberar el material con escurrimiento de zinc, en una empresa comerciante del ramo del acero que surte lámina grado automotriz para partes exteriores e interiores; esto con el fin de aplicar la manufactura esbelta y con esto reducir desecho en el proceso, los paros de línea durante la producción y en consecuencia los costos.

Con el objetivo de implementar una unificación de criterios entre el productor de chapa de acero, la compañía comerciante donde se labora y la planta automotriz, se dio a la tarea en conjunto de realizar pruebas de calidad, es decir pruebas de pintura, fosfatado de zinc y espectroscopia de energía dispersa de rayos X a salpicaderas con la condición de escurrimiento de zinc, el cual se genera cuando se adhieren partículas de óxido a la tira de acero durante el galvanizado en la tina de zinc fundido. Las pruebas anteriormente mencionadas se realizaron con el fin de demostrar que el escurrimiento de zinc no muestra problema alguno para el producto terminado.

En el capítulo 1, se explicará sobre los orígenes de la compañía, de igual manera se mostrará un bosquejo sobre el organigrama empresarial, adicionalmente se describirán las funciones del puesto de trabajo.

Con respecto al capítulo 2, se describirán los conceptos técnicos que conciernen al proceso de laminación y galvanizado por inmersión en caliente con el fin de introducir a cualquier lector con los términos técnicos que se utilizarán más adelante.

En el capítulo 3, se explicarán los análisis realizados en la planta de laminación y se detallará la metodología de las pruebas, es decir, desde su origen hasta los planes de acción que se tomaron. En un segundo subtema se describirá la realización de las pruebas, explicando las diferentes fases, incluyendo los métodos de inspección y liberación de la condición. En este capítulo se mostrarán algunas medidas que se implementaron en la planta de laminación para disminuir la condición de escurrimiento de zinc.

Además, se mostrará el pronóstico del ahorro monetario con la liberación de la condición durante el año 2016, tomando como base los registros del año 2015, adicionalmente se mostrará el pronóstico de los tiempos de paro. Finalmente se concluirá en función de los resultados obtenidos.

Índice

Capítulo 1 Aspectos sobre la compañía y proyecto a desarrollar	3
1.1 Generalidades de la compañía	3
1.2 Organigrama de la división automotriz	5
1.3 Descripción del puesto de trabajo	7
1.4 Proyecto a desarrollar	8
Capítulo 2 Recubrimiento por inmersión en caliente	9
2.1 Beneficios del recubrimiento de acero.	9
2.2 Tipos de recubrimientos por inmersión en caliente	10
2.3 Mecanismo de acción del galvanizado	10
2.4 La vida media del recubrimiento de zinc	11
2.5 La adición de aluminio para el baño de galvanizado.	12
2.6 Recubrimiento por inmersión en caliente (HDG).....	13

Capítulo 3 Desarrollo del proyecto	16
3.1 Investigaciones realizadas en la planta de laminación	16
3.1.1 Mecanismo de generación de la condición durante el proceso	17
3.1.2 Pruebas superficiales con microscopio electrónico de barrido EDX.....	19
3.1.4 Prueba de fosfato de zinc.....	20
3.1.5 Prueba de recubrimiento del fosfatado de zinc & ED.....	20
3.2 Pruebas realizadas en la planta automotriz.....	21
3.2.1 Aplicación de pintura en muestras de acero.....	21
3.2.2 Resultados y conclusiones de la prueba preliminar.....	21
3.3 Pruebas de pintura en salpicadera durante el proceso de manufactura.....	25
3.3.1 Plan de actividades para pruebas en armadora automotriz.....	25
3.3.2 Prueba de pintura en salpicadera fase 1.....	28
3.3.3 Prueba de pintura en salpicadera fase 2.....	32
3.3.4 Prueba de pintura en salpicadera fase 3.....	34
3.3.5 Prueba de pintura en salpicadera fase 4.....	35
3.3.6 Prueba de pintura en salpicadera fase 5.....	37
3.4 Mapa de cadena de valor como herramienta de manufactura esbelta	37
3.4.1 Mapa de cadena de valor en el año 2015	38
3.4.2 Mapa de cadena de valor pronóstico 2016 y futuros años.....	39
Capítulo 4 Conclusiones	41
Capítulo 5 Bibliografía	42

Capítulo 1 Aspectos sobre la compañía y proyecto a desarrollar

1.1 Generalidades de la compañía

El grupo Metal One Corporation® comercializa una amplia gama de acero como materia prima. A través de la provisión a mercados globales de suministros estables y sostenibles de alta calidad de materia prima y productos, contribuyendo al desarrollo de una sociedad más próspera.

Mediante la adecuada captación de las necesidades de los clientes en cada industria se desarrollan negocios y se responde aún mejor a los mercados globales, con el objetivo de maximizar tanto beneficios como valor empresarial mediante la compra-venta, maquila, importación, exportación y comercio de toda clase de productos de acero.

Después de lo que es llamado “la década perdida” en la explosión de la burbuja económica en los años 90s, la producción del acero crudo continuaba a la baja en Japón debido a una demanda declinante e incremento de la competencia a nivel mundial.

Con un fuerte sentido de urgencia y reconocimiento que sus negocios no serían viables bajo su actual estructura, las divisiones de negocios para productos de acero de dos empresas japonesas creían que era esencial unirse para crear una plataforma sólida y aumentar facultades y capacidades. Como resultado, las dos divisiones fundaron una nueva compañía en Tokio, Japón, la cual fue llamada Metal One Corporation®, en enero de 2003.

En su lanzamiento, la empresa esbozó una visión digna con respecto a las reformas de distribución de acero, actuando como “Metal Market Maker”, es decir, el que crea mercados para fomentar el crecimiento de la industria del metal. En su misión para cumplir ese objetivo, esbozaron el “Metal Value Optimization”, que coordina y reforma mercados de metal a través de la optimización global.

La columna vertebral de la compañía es una filosofía de tres partes, que se adoptó en enero de 2007, precedido de las declaraciones de visión y misión. La frase “Ciudadano Global” describe a lo que aspira la empresa, la “Honestidad y Virtud” indican los estándares por los que se luchan; y “Aspiraciones y Creatividad” expresan la actitud y conducta diaria.

Usando la historia y visiones ya mencionadas como una pauta, la empresa crea una cadena de suministro y cadenas de valor que enlaza a los fabricantes de acero con los consumidores, actuando como un ciudadano global y un compañero confiable hacia los clientes, poseyendo ideas orientadas al mercado y empleando las capacidades de trabajo en equipo al máximo.

La compañía cuenta con 4 divisiones principales de negocios; a continuación se nombran los productos que comercializa en el mercado global de América, Europa y Asia.

División estructural: Planchones de acero, acero estructural, barras de acero, vigas, perfiles ligeros y pesados de acero, materia prima de material ferroso.

División automotriz: Planchón y hoja de acero con tratamientos superficiales, acero electrolgalvanizado, laminado en caliente y laminado en frío.

División Energía: Tubería de transporte de petróleo, tubería para transporte de aceite, hoja de acero, acero estructural y productos semi-terminados.

División Cable, Acero especializado e inoxidable: Alambros, productos de alambros secundarios y terciarios, acero para resorte, rodamiento de bolas, lámina de acero especializado, de fácil maquinado, resistente al calor y acero grado herramental, placas, hojas, tiras y tubería de acero inoxidable.

Además la compañía cuenta con centros de servicio, en donde se almacenan y cortan rollos de acero en diferentes partes del mundo en toda América, Europa y Asia.

La compañía cuenta actualmente con aproximadamente 11,000 trabajadores alrededor de todo el mundo, distribuido en centros de servicio, plantas industriales y oficinas administrativas. Por otra parte, regularmente se reorganiza y revisan las funciones y modelos de negocio, siempre demostrando las funciones de una compañía comercial efectiva en nuevos y cambiantes ambientes de negocio y cambios de paradigma, así como contribuir al desarrollo sostenible de la industria del acero

El nombre Metal One® muestra el acuerdo para todos los empleados de actuar como uno, y para hacer dos organizaciones con diferentes historias y culturas dentro de una. Expresar el compromiso para ser la compañía número uno en términos de calidad de servicio y satisfacción al cliente, y el único en términos de perseguir la unicidad no hallada en otras compañías. Pretende hacer esto mediante la construcción de la trayectoria en la industria de distribución de acero.

1.2 Organigrama de la división automotriz

La compañía está constituida por 6 grandes ramos y el puesto de trabajo asignado, forma parte del ramo automotriz.

En la figura 1.1 se muestra el organigrama de la empresa, formado por 6 ramas principales del negocio; en el caso de puesto de trabajo ocupado se encuentra ubicado en la rama automotriz, el cual se encarga de establecer nuevos negocios con el sector automotriz y dar servicio técnico y de soporte a las diferentes armadoras automotrices con las que tiene relación la compañía, así como se encarga de la logística tanto terrestre como marítima de materia prima (acero grado automotriz).

Las personas que supervisan ocupan los puestos de director y como supervisor inmediato es el sub-gerente a cargo de la cuenta asociada a la planta automotriz donde se labora día a día.

La posición de trabajo se encuentra representada en el organigrama como Ing. Representante Edo. de México, en la figura 1.2 se muestra la cadena de suministro del acero, ubicando el lugar de trabajo dentro de la línea de producción de estampado dentro de la planta automotriz.

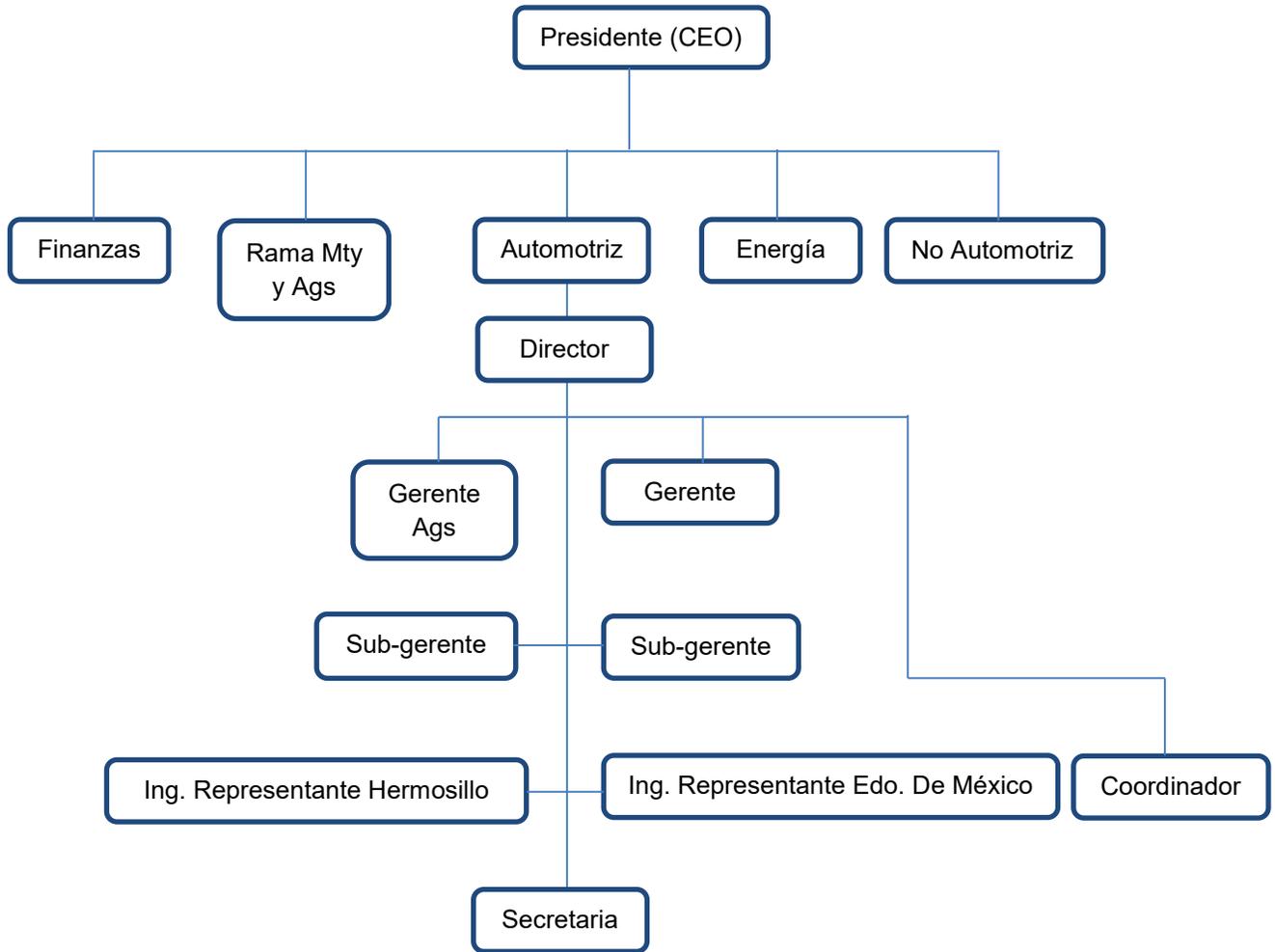


Figura 1.1: Organigrama de la compañía

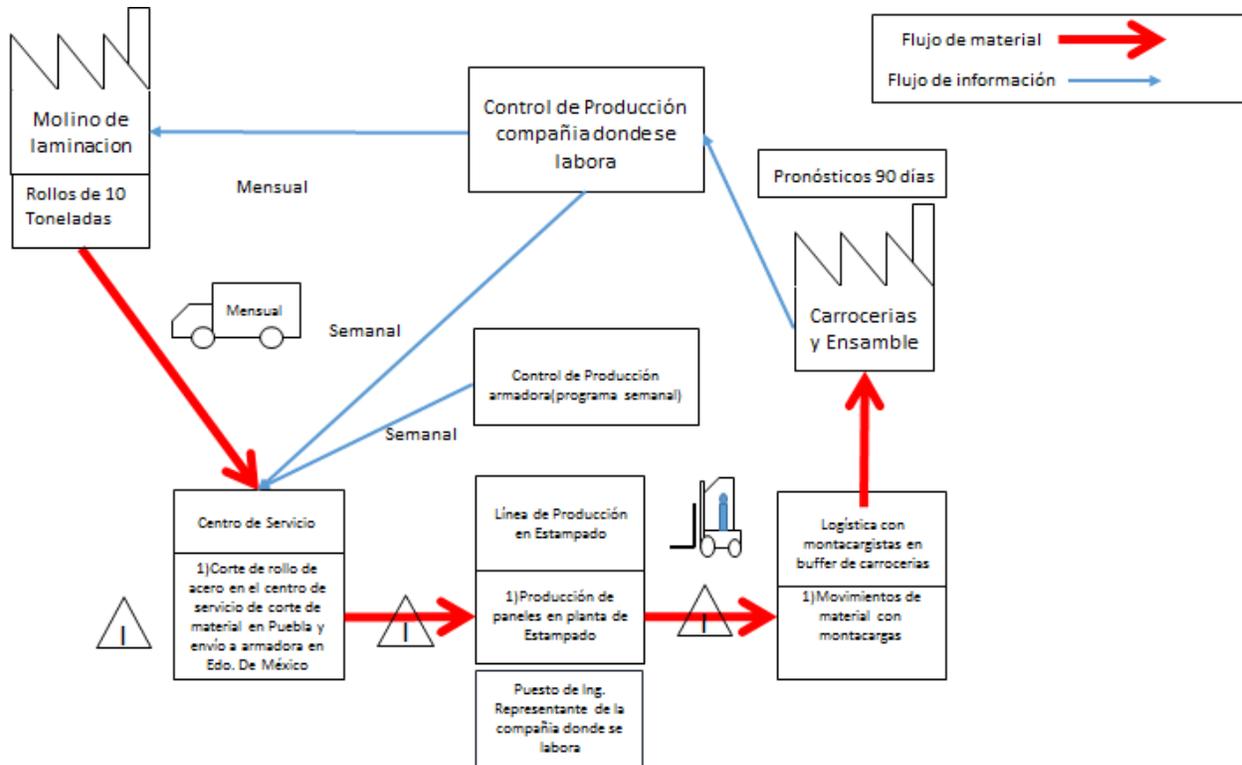


Figura 1.2: Mapeo de la cadena de valor del acero

1.3 Descripción del puesto de trabajo

La función principal es como representante técnico y apoyo al cliente y las actividades dentro de este puesto son:

- Supervisión de calidad durante la producción del material que provee la empresa a la planta de estampado y ensamble automotriz. Siendo éste el acero con grado de alta formado para partes estampadas; en total provee lámina para cubrir la producción de 9 partes exteriores y 4 partes interiores dentro de la planta donde se labora.

- Elaboración del reporte de formado FLD (Diagrama de Límite de Formado), que consiste en elaborar un reporte basado en las mediciones tomadas de un panel embutido, con el fin de detectar zonas propensas a fisuras o arrugas.

- Cuando se detecta un alto índice de piezas rechazadas durante la producción de partes, debido a condiciones del acero, la función consiste en coordinar lo que se llaman campañas de sorteo donde se supervisa y organiza personal operativo contratado temporalmente con el fin de asegurar la calidad del material del lote producido.

-Elaborar reportes internos de la compañía e inclusive cuando hay alguna condición en el acero como incrustaciones, escoria, entre otras condiciones; en este caso, se elaboran los reportes de calidad dirigidos a las plantas de laminación

-Participar en juntas semanales, mensuales y cuatrimestrales con el objetivo de llevar un control en cuanto a actividades pendientes en conjunto con la planta automotriz.

-Adicionalmente se participa coordinando las pruebas dentro de la planta automotriz durante el segundo semestre del año 2015, que posteriormente en esta tesina se explicarán a detalle.

1.4 Proyecto a desarrollar

El proyecto a desarrollar consta de la liberación de la condición del acero llamada escurrimiento de zinc, el cual se genera cuando se adhieren partículas de óxido de zinc a la tira de acero durante el galvanizado en la tina de zinc fundido.

Mediante una investigación por parte de la planta de laminación demostrando mediante análisis de pintura, metalográficos y microscópicos, que es una condición demostrando que no afecta la calidad superficial del producto final, una vez que esta pasa por todo el proceso de ensamble. De igual manera durante el segundo semestre del 2015, en la planta ensambladora automotriz se evaluaron un total de 250 unidades enviadas al proceso de ensamble, pintura (diferentes colores) y canalizadas con personal certificado de calidad para su liberación bajo un criterio más estricto que el habitual.

Este proyecto surge de la idea de disminuir el desecho provocado durante la producción del material, es decir, establecer un acuerdo con la armadora automotriz para ampliar su criterio de calidad con base en pruebas realizadas, además de asegurar que la condición en la materia prima no incrementará en magnitud durante este año 2016.

Capítulo 2 Recubrimiento por inmersión en caliente

2.1 Beneficios del recubrimiento de acero.

Es bien conocido que los aceros de bajo carbono son susceptibles a la corrosión cuando se exponen a la humedad. La corrosión no es sólo estéticamente indeseable en la mayoría de las aplicaciones, sino que reduce la vida útil del componente. Los aceros se corroen a una velocidad de varias milésimas de pulgada de espesor por año (Horstmann, 1975).

No sólo se tiene un color rojizo en la superficie del acero debido al óxido de hierro, sino también con el tiempo, pierde una cantidad significativa de su espesor, con una correspondiente disminución de las propiedades mecánicas.

Los aceros se pueden pintar para reducir la velocidad de corrosión y para hacer el producto más atractivo en apariencia, sin embargo, la presencia de pintura por sí sola no asegura que está totalmente protegido contra la corrosión. Esto es especialmente cierto en los bordes cizallados o descarapelados en la pintura, donde la oxidación puede causar ampollas de pintura y continuado por el desprendimiento entre la pintura y la lámina de acero (Figura 2.1).

A menudo, se necesita más protección para reducir la velocidad de corrosión del acero de manera que se cumplan los requisitos estéticos, de resistencia y para que la integridad de la lámina no se pierda.

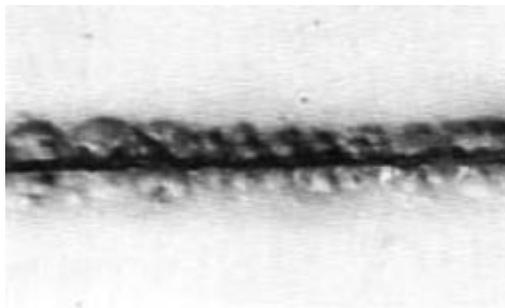


Figura 2.1 Ampollas pintadas y manchas de óxido rojo en un rasguño sobre lamina de acero laminado en caliente (Leonard, 2003).

2.2 Tipos de recubrimientos por inmersión en caliente

Los seis tipos principales de recubrimientos aplicados actualmente por el proceso de inmersión en caliente son:

- Galvanizado (zinc)
- Galvano-recocido (zinc con 8 a 10% Fe)
- Recubrimiento 55Al-Zn
- Recubrimiento 95Zn-Al
- Aluminizado con aluminio puro
- Aluminizado con aluminio más silicio

En este trabajo se enfocará únicamente en el galvanizado de zinc, dado que es el que se aplica en los productos donde se analizará la condición de escurrimiento de zinc.

2.3 Mecanismo de acción del galvanizado

Hace más de 200 años se descubrió que el zinc protege al hierro y por consecuencia al acero cuando están en contacto. Esta protección se lleva a cabo mediante dos mecanismos: Uno es la sencilla barrera de protección en el que el zinc simplemente impide el contacto entre el acero, la humedad y oxígeno del medio ambiente y el segundo es la protección galvánica, que protege el acero incluso en las áreas expuestas tales como los bordes cortados de una lámina o superficie expuesta en el revestimiento. Con el fin de proteger galvánicamente al acero, un revestimiento metálico tal como el zinc tiene que ser electroquímicamente más activo que el acero en el entorno específico en el que se utiliza el producto.

Afortunadamente, el zinc es químicamente más activo que el acero en casi todos los ambientes. En la reacción química que tiene lugar cuando la protección galvánica se produce, el zinc se convierte en el ánodo de una celda de corrosión, haciendo del acero el cátodo y por consecuencia resulta protegido de la corrosión.

La protección galvánica se puede lograr si el zinc está unido al acero con un alambre o si están en estrecho contacto. Cuando se aplica zinc sobre toda la superficie de un acero como en el proceso de galvanizado, este es totalmente protegido de la corrosión por la presencia de la capa de zinc. El vínculo íntimo que se produce entre el acero y el metal de recubrimiento ofrece un contacto eléctrico completo para permitir el libre flujo de los electrones necesarios para que pueda ocurrir la protección galvánica.

El zinc en sí se corroe y se consume con el tiempo. La ventaja otorgada al acero es que, en la mayoría de ambientes, el zinc corroe a una velocidad significativamente más baja que el acero. Por lo tanto, un revestimiento delgado puede proporcionar una gran protección del acero a largo plazo.

La razón por la que el zinc se corroe normalmente a un ritmo mucho menor que el acero es que los productos de corrosión que se forman en la superficie del zinc desarrollan una película de carbonato de zinc. Esta película se forma por una reacción entre los productos de corrosión de zinc (hidróxido de zinc y óxido de zinc) con el dióxido de carbono en el aire, siendo una película a menudo estable y permanece como una cubierta protectora sobre el revestimiento de zinc.

Por lo general, la película de carbonato de zinc no protege por completo el zinc de una corrosión adicional; simplemente retrasa la reacción de corrosión. La superficie de zinc expuesto a la atmósfera no está completamente pasivada, por lo que su corrosión puede continuar. Este fenómeno es realmente necesario para continuar proporcionando protección galvánica al acero. Si la película pasiva estuviese completa y la corrosión del zinc se detuviera por completo, la protección galvánica al acero expuesto en los bordes y superficies expuestas se perdería.

2.4 La vida media del recubrimiento de zinc

Las películas de carbonato de zinc se pueden romper (disolver) por la reacción con la humedad del medio ambiente, especialmente con lluvia ácida. Por lo tanto, a pesar de que se corroe el zinc a un ritmo mucho menor que el acero bajo en carbono, no se corroe en la mayoría de los ambientes, y el resultado neto es que el zinc es finalmente consumido. La velocidad real de la corrosión depende del tipo de exposición.

La Tabla 2.1 contiene un resumen de las velocidades de corrosión relativas de acero frente a zinc en varios tipos de ambientes atmosféricos. En la Tabla 2.1 se muestran dos columnas columna en unidades del Sistema Internacional de Unidades y en Sistema Inglés.

Tabla 2.1 Velocidades típicas de corrosión del zinc y acero (ILZRO, 1975)

Clasificación ambiental	Relación de corrosión			
	Zinc		Acero	
	$\mu\text{m/año}$	mil/año	$\mu\text{m/año}$	mil/año
Ligero	<1	<0.04	<10	<0.4
Moderado	<2	<0.08	10-20	0.4-0.8
Tropical	<2	<0.08	20-50	0.8-2.0
Industrial	2-4	0.08-0.16	20-50	0.8-2.0
Marino	2-4	0.08-0.16	20-80	0.8-3.1
Marino severo	4->10	0.16-0.4	80-200	3.1-7.9

2.5 La adición de aluminio para el baño de galvanizado.

Los recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente contienen típicamente entre 0.16% y 0.25% de aluminio. Cuando el proceso se controla adecuadamente, la capa de aleación es casi indistinguible (Figura 2.2). Por lo tanto, la adición de aluminio es muy importante para el proceso, pero no ha habido prueba alguna que demuestre que su adición influye en la resistencia a la corrosión del revestimiento galvanizado.

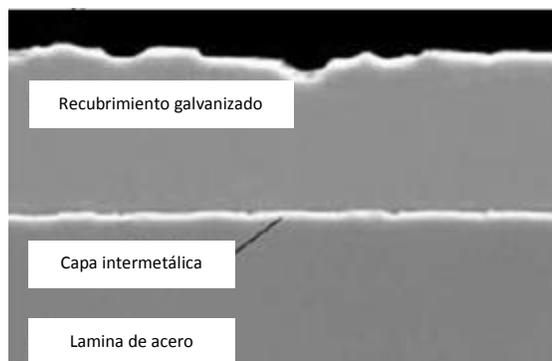


Figura 2.2 Figura de un producto de hoja galvanizada. (Leonard, 2003)

La tira de acero se pasa a través de un baño de metal fundido a velocidades de aproximadamente 200 m / min (650 ft / min) (Leonard, 2003). Uno de los requisitos del proceso es que, la banda de acero mientras se encuentra en el baño de metal, debe reaccionar con el metal fundido para formar un enlace intermetálico (a menudo se refiere como la capa de aleación) a través de toda la superficie de la tira de acero. Este enlace está presente como una región delgada entre el metal a revestir y la hoja de acero.

La capa intermetálica es necesaria por dos razones; una de ellas es que sin la aleación intermetálica, la capa del recubrimiento se derramaría cuando la hoja sale del baño de revestimiento, y esto llevaría a generar áreas no recubiertas (huecos) o un espesor de revestimiento no uniforme. En segundo lugar, sin la capa de aleación, el revestimiento no se adheriría cuando posteriormente se genere una parte formada.

Mediante el uso de un proceso de soplado de aire, se controla el espesor de recubrimiento fundido, generalmente expresado como peso de recubrimiento por unidad de área.

El recubrimiento fundido se enfría y a continuación pasa por el rodillo de acabado para modificar la rugosidad de la superficie y rectificar el acero. Por último el acero se rebobina a la salida de la planta de procesamiento.

2.6 Recubrimiento por inmersión en caliente (HDG)

Los recubrimientos de inmersión en caliente HDG (Hot dip galvanized) consisten en sumergir en un baño de metal líquido con el fin de recubrir la superficie de la tira de metal. Estos son preferidos porque tienen un espesor mayor que los electrogalvanizados y porque se forma una capa de aleación entre el metal de recubrimiento y el acero; esto provee durabilidad adicional y adhesión.

El recubrimiento es uniforme y adherente, por lo que provee una barrera contra el ataque corrosivo y protege más adelante a la fundición de hierro, actuando como ánodo de sacrificio.

Un galvanizado exitoso depende de la preparación de superficie de la chapa de acero (limpieza desengrasado y activación), lo cual se obtiene mediante la inmersión en una solución cáustica (desengrasado) el decapado mediante una solución ácida, seguido de un baño por inmersión en cloruro de amonio de zinc u otro fluido; para posteriormente realizar la inmersión en zinc fundido. El exceso de zinc debe ser drenado de la chapa ya recubierta antes de pasar al tanque de enfriamiento o de temple. El control de la temperatura en el tanque de temple permite inhibir reacciones indeseables y mejora la brillantez del recubrimiento.

La inmersión en caliente puede ser de dos tipos: El primero es el proceso de recubrimiento continuo, de donde se obtienen formas estructurales y lámina de acero. El segundo se llama proceso de recubrimiento por lotes, el cual surgió muchos años antes. El registro más antiguo del uso del zinc para proteger el acero se remonta a 1836 en el galvanizado por lote; se realizaba en una pieza terminada, después se limpiaba para eliminar los aceites residuales, se sumergía en vinagre para eliminar óxidos de la superficie y, a continuación, se sumergían en zinc fundido para aplicar el revestimiento, de donde se obtienen tuberías, perfiles estructurales y partes pequeñas, tales como clavos, tornillos, pernos y tuercas.

Por el momento, el producto más común por inmersión en caliente con recubrimiento continuo es la tira de acero galvanizada. Además existe otro producto llamada hoja galvano-recocida, que se produce de una manera similar excepto que mientras sigue fundido el recubrimiento de zinc, se alea por medio de un proceso de difusión con el hierro de la tira de acero durante su estancia en los hornos. El recubrimiento resultante tiene aproximadamente 9 a 10% de hierro. (Leonard, 2003)

Tal como se aplica a la hoja de acero, el extremo delantero de un rollo de acero se suelda sobre el extremo de salida del rollo por delante de él en el procesamiento en línea.

Con el uso de un acumulador, que almacena hasta quizás 1000 pies o más de la hoja a través de la línea de producción, estos extremos del rollo se pueden unir sin detener la sección central de procesamiento; en consecuencia, la lámina que está siendo procesada a través del baño de recubrimiento nunca se detiene; el proceso es verdaderamente continuo (Leonard, 2003).

La razón principal de que el proceso de inmersión en caliente se limita a la aplicación de metales de bajo punto de fusión es que el producto a recubrir (tira de acero) tiene que tener propiedades mecánicas capaces de soportar el estiramiento a través de la línea de galvanizado. La hoja de acero de bajo carbono es el producto revestido de inmersión en caliente más común y no puede ser calentado a temperaturas muy por encima de 870 ° C /1600 ° F a medida que se transporta a través de una línea de procesamiento de gran tamaño sin ser literalmente desgarrado, por lo tanto, el metal de revestimiento tiene que tener un punto de fusión inferior a la temperatura indicada anteriormente.

Hoy en día, el metal con más alto punto de fusión que se aplica a la hoja de acero es de aluminio, que tiene una temperatura de fusión de 660 ° C (1220 ° F).

En términos generales, el proceso de inmersión en caliente de galvanizado en tira de acero consiste de los siguientes pasos: Una máquina soldadora al inicio une las puntas de los rollos, esto con el fin de permitir que el proceso sea continuo, posteriormente una sección de limpieza alcalina elimina los aceites de los rodillos, la suciedad y partículas de hierro (contaminantes de la superficie del proceso durante la reducción en frío) que están en la superficie de la hoja.

Un horno de recocido calienta el acero a altas temperaturas para impartir las propiedades mecánicas deseadas (resistencia, así como también para favorecer el control del espesor de recubrimiento) para después sumergirlo en un baño de metal fundido. Después enfría y solidifica el recubrimiento de la tira de acero, esto a medida que emerge del baño de metal fundido y con el uso de un rodillo de templado da el acabado superficial deseado al acero revestido y con un tensorivelador se aplana la tira para cumplir con los requisitos de uso final. Más adelante se aplica un tratamiento con una sustancia base agua para evitar manchas de almacenamiento que se pueden formar en la superficie del recubrimiento cuando la humedad esté presente y una sección de engrase se utiliza para aplicar un aceite anticorrosivo, finalmente un rebobinador se encarga de enrollar la lámina de acero.

Capítulo 3 Desarrollo del proyecto

3.1 Investigaciones realizadas en la planta de laminación

El este capítulo detallará el origen de la condición de escurrimiento de zinc, además se explicará sobre las pruebas que se realizaron en la planta de laminación para demostrar que la condición es inofensiva para el producto final, como unidad pintada.

Se abordará sobre el origen de la condición durante el proceso de galvanizado, a su vez, se mostrarán los análisis realizados en la planta de laminación como el análisis de energía dispersiva de rayos X (EDX) y pruebas de fosfatado de zinc y pintura electrodepositada.

Como siguiente fase, se realizaron pruebas consecutivas sobre el escurrimiento de zinc dentro de la planta automotriz con el fin de convencer a la planta de una manera preliminar acerca de la condición sin afectación en el producto terminado, es decir en un automóvil pintado. Como fase preliminar se pintó una muestra de acero con la condición de escurrimiento de zinc con el fin de comprobar los resultados de la planta de laminación, sin embargo cabe destacar que no se aplicaron los recubrimientos previos como primer, e-coat y clara, de acuerdo al proceso normal de pintura.

Además se detallará la metodología de las pruebas, es decir, desde su origen hasta los planes de acción que se tomaron previo al inicio de éstas.

Asimismo se describirá la realización de cada una de las pruebas, explicando las diferentes fases, las cuales se dividieron de menor a mayor, en las primeras etapas fueron 5 unidades, posteriormente fue de 30 unidades, así hasta llegar a pruebas de 100 unidades y completar un total de 240 unidades inspeccionadas.

En la figura 3.1 se presenta la condición de escurrimiento de zinc sobre un panel de acero embutido.



Figura 3.1.-Se observa la condición de escurrimiento de zinc encontrada en una salpicadera

3.1.1 Mecanismo de generación de la condición durante el proceso

El escurrimiento de zinc no es un defecto, es sólo una condición superficial (Figura 3.2), la cual puede ocurrir aleatoriamente en cualquier parte de la superficie del acero.

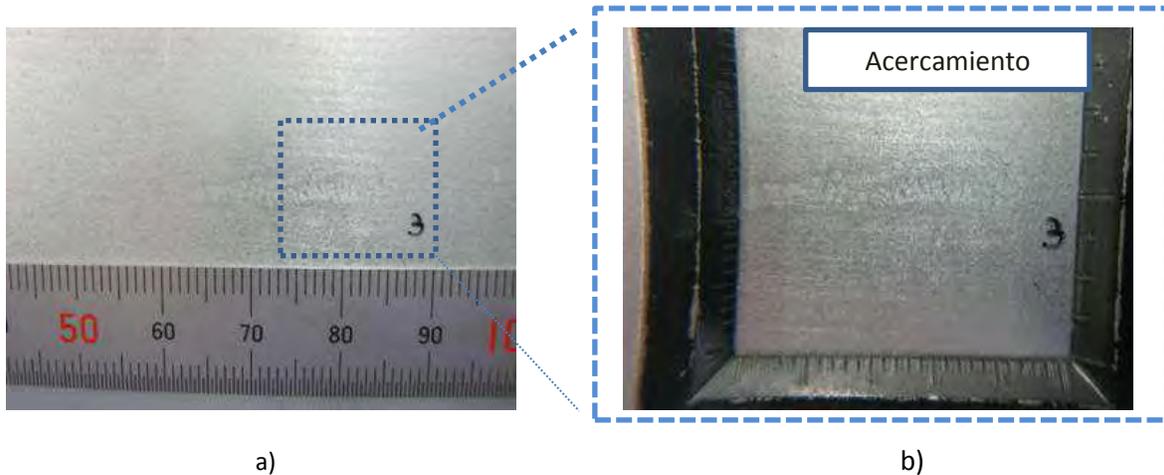


Figura 3.2 a)Muestra de una panel embutido con escurrimiento de zinc b)Acercamiento del escurrimiento de zinc

Se origina durante el proceso de galvanizado, cuando las partículas de óxido de Zinc flotan en la superficie de la olla de zinc o se adhieren a la pared del conducto que alimenta con la tira de acero a la olla de zinc, llamado comúnmente “Hocico” (Snout). La figura 3.3 muestra un diagrama durante el proceso de galvanizado.

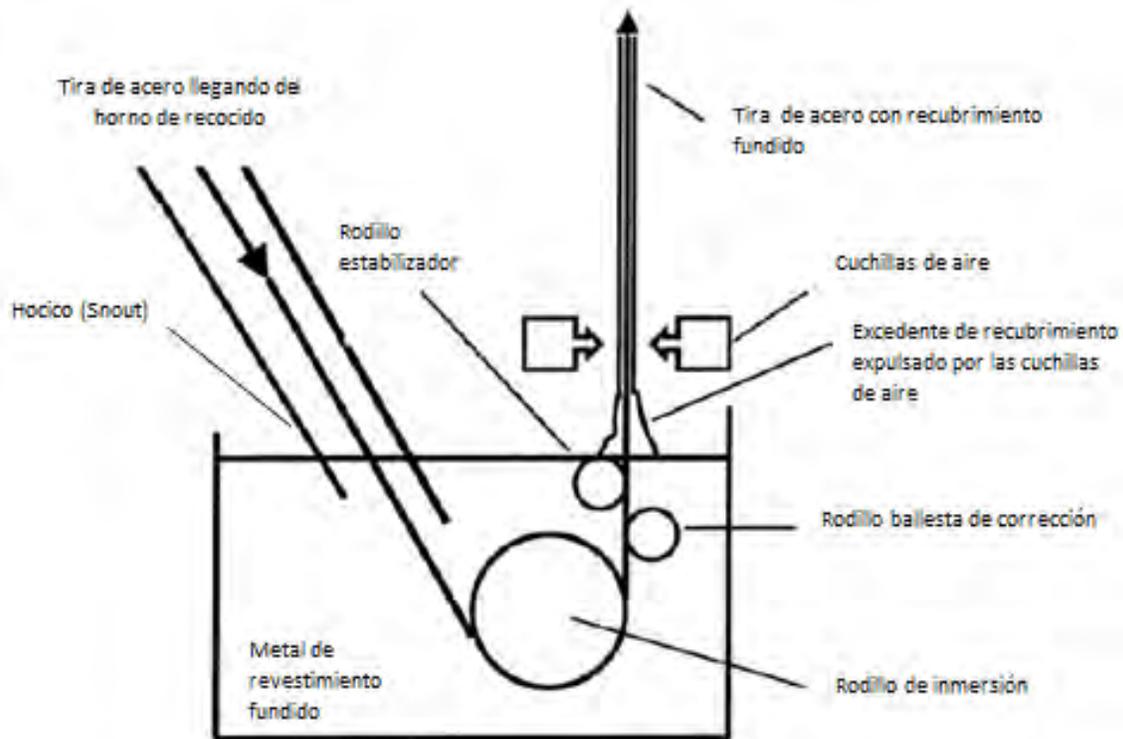


Figura 3.3.-Diagrama de proceso del galvanizado por inmersión en caliente (Leonard, 2013).

Como parte del análisis 8D's (ocho disciplinas) que la planta automotriz requirió para evaluar la condición de escurrimiento de zinc, primeramente se enviaron dos muestras estampadas de salpicadera con escurrimiento de zinc; enseguida en los laboratorios de la planta de laminación se realizaron 3 pruebas para buscar la posible afectación a la unidad terminada:

- a) Pruebas superficiales con microscopio electrónico de barrido (SEM-EDX)
- b) Prueba de fosfato de zinc
- c) Prueba del recubrimiento de fosfatado de zinc y electrodeposición

Después en la planta automotriz se realizó una prueba preliminar recubriendo una muestra de acero directamente con pintura para evaluar la posible afectación de calidad al pintar en dicha condición. Finalmente se introdujeron salpicaderas al proceso de producción, en varias fases, incrementando el número de unidades con cada prueba, con el fin de evaluar la calidad de manera gradual con seguimiento especial desde la planta de estampado, carrocerías, pintura, ensamble y finalmente fueron evaluadas en el área de calidad final; en total se evaluaron 240 unidades.

3.1.2 Pruebas superficiales con microscopio electrónico de barrido EDX

Como parte de la mejora continua por parte del personal de la planta de laminación, se enviaron a evaluación dos muestras de salpicadera.

Este tipo de análisis consistió en evaluar una muestra de acero con la condición de escurrimiento de zinc y se comparó con otra muestra de acero sin la condición, encontrando que la muestra con la condición presentó únicamente una mayor concentración de zinc de manera puntual y esto representa física y visualmente el escurrimiento de zinc tal como se aprecia en el panel de acero.

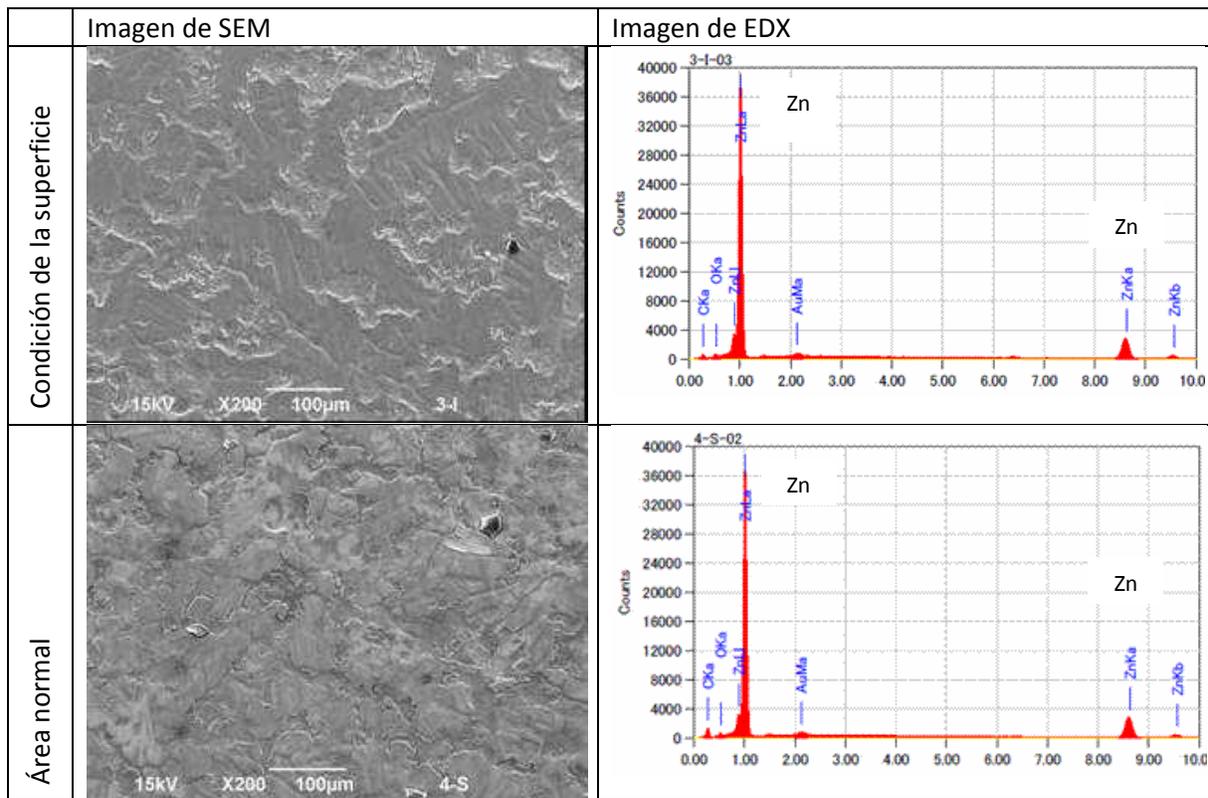


Figura 3.4 Análisis con microscopio electrónico de barrido en una muestra a) con la condición y otra muestra b) libre de la condición

En ambas muestras se realizó un análisis de energía dispersiva de rayos X(EDX) y se corrobora que sólo hay una capa de recubrimiento de zinc.

Las condiciones superficiales detectadas después del análisis no son ceniza de zinc, ni puntos negros, ni inclusiones no metálicas, ni siquiera alguna condición que pueda afectar a la calidad del producto final. Si la condición llamada como la

ceniza de zinc o el punto negro se analizaran por EDX, aparecerían picos de oxígeno, con lo cual se tendría una afectación.

3.1.4 Prueba de fosfato de zinc

Este tipo de análisis consistió en pintar una muestra de acero con la condición con escurrimiento de zinc en el laboratorio de la planta de laminación y se comparó con otra muestra pintada sin la condición. Encontrando que ambas muestras presentan el mismo grado de cobertura por la pintura sin notar diferencia entre ellas.

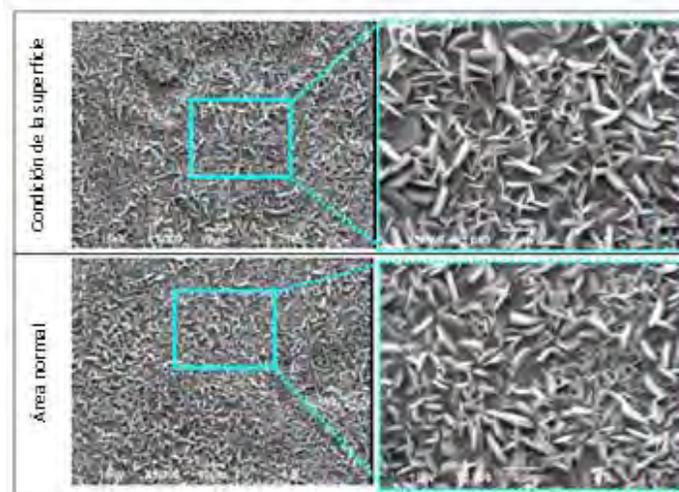


Figura 3.5 Muestras de acero fosfatadas, la imagen superior con la condición de escurrimiento de zinc y la imagen inferior libre de la condición.

La condición queda fuera de la vista después del fosfatado de zinc, los cristales de fosfato de zinc son homogéneos en ambas muestras y la diferencia desaparece, por lo que la condición de la superficie es inofensiva.

3.1.5 Prueba de recubrimiento del fosfatado de zinc & ED

Este tipo de análisis consistió en fosfatar y pintar por electrodeposición la mitad de una muestra de acero con la condición. Encontrando que ambas muestras presentan el mismo grado de cobertura por la pintura sin notar diferencia entre ellas.

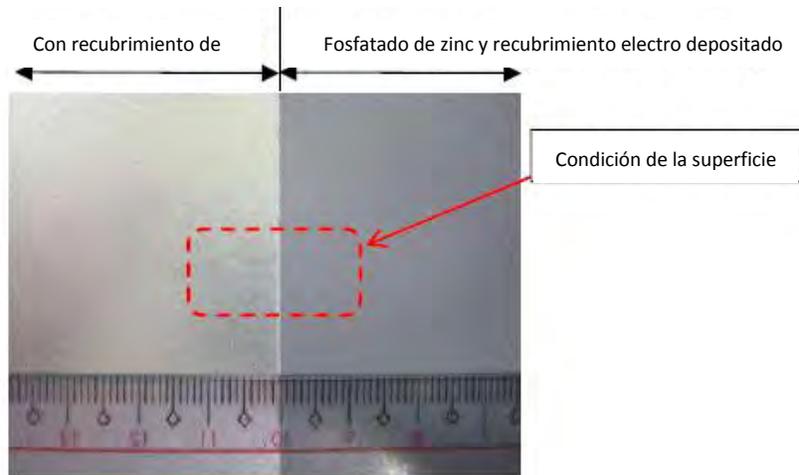


Figura 3.6 Muestras de acero fosfatada y pintada(ED, electrodeposición) a mitad de la condición de escurrimiento de zinc

El fosfatado de zinc y el recubrimiento electro depositado (recubrimiento ED) fueron colocado sobre la superficie de una lámina en el laboratorio y la condición sobre la superficie queda fuera de la vista después del fosfatado de zinc y del recubrimiento de pintura(ED).

3.2 Pruebas realizadas en la planta automotriz

3.2.1 Aplicación de pintura en muestras de acero.

En la planta automotriz se realizaron pruebas preliminares de pintura a muestras de acero obtenidas de salpicaderas detectadas en diferentes corridas de producción en la planta; las condiciones fueron reordenadas de acuerdo a sus dimensiones y clasificadas en los niveles que se mencionan más adelante en el subcapítulo 3.2.2.

A diferencia de las pruebas realizadas en la planta de laminación, en esta ocasión la aplicación de pintura fue de manera directa; es decir, no se aplicaron los recubrimientos previos como primer, e-coat y clara, de acuerdo al proceso normal de pintura.

3.2.2 Resultados y conclusiones de la prueba preliminar

Después de aplicar la pintura directamente, no se observa la condición y por lo tanto resulta ser inofensiva y no afecta el producto (unidad terminada). Como prueba preliminar resulta exitosa, sin mostrar afectación de la superficie de la pintura.

Las imágenes 3.7 a 3.12 muestra la condición de escurrimiento de zinc sobre la superficie de algunas salpicaderas. Los niveles están en función de la longitud de la condición, es decir, desde el menor al mayor nivel de condición que se ha detectado y obtenido de paneles.

Algunas muestras están pintadas y comparadas con la imagen antes de pintar mostrando una condición inofensiva después de pintar.

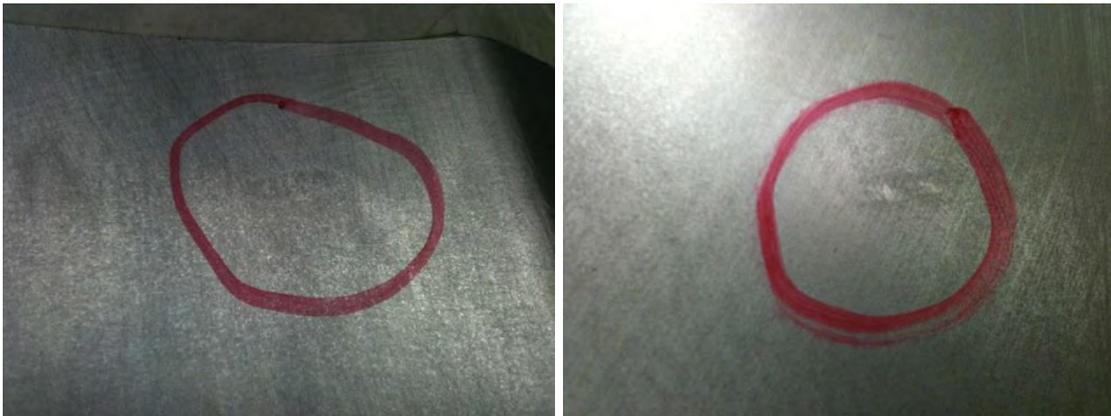


Figura 3.7 Muestra de acero a) nivel 1 y b) nivel 2 con escurrimiento de zinc encerrado en el círculo rojo



a)

b)

Figura 3.8 Muestra de acero nivel 3 con a) escurrimiento de zinc encerrado en el círculo rojo y b) después de pintar la mitad de la muestra



a)

b)

Figura 3.9 Muestra de acero a) nivel 4 y b) nivel 5 con escurrimiento de zinc encerrado en el círculo



Figura 3.10 Muestra de acero nivel 6 con escurrimiento de zinc encerrado en el círculo rojo



a)

b)

Figura 3.11 Muestra de acero nivel 7 con a) escurrimiento de zinc encerrado en el círculo rojo y b) después de pintar la mitad de la muestra



Figura 3.12 Muestra de acero nivel 8 con a) escurrimiento de zinc encerrado en el círculo rojo y b) después de pintar la mitad de la muestra

3.3 Pruebas de pintura en salpicadera durante el proceso de manufactura

3.3.1 Plan de actividades para pruebas en armadora automotriz

Durante el pasado año 2015, la planta automotriz dio el apoyo a la empresa para desarrollar las pruebas de pintura usando salpicaderas con la condición de escurrimiento de zinc.

Las pruebas se realizaron en distintas fases con el propósito de evaluar de manera gradual de menor a mayor cantidad las unidades en caso de que hubiese un rechazo de calidad se minimizara la afectación durante las primera pruebas. En las primeras dos fases se enviaron 5 unidades a evaluación, en la tercera fase se enviaron 15 piezas en primer turno y otras 15 en segundo turno; para la cuarta fase se enviaron 100 unidades y por último como fase final se enviaron otras 100 piezas con la condición de escurrimiento de zinc.

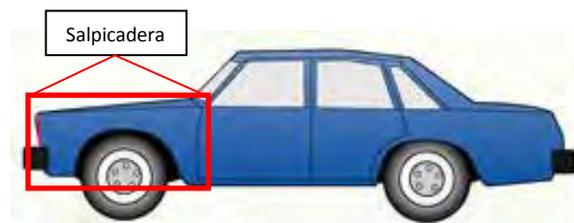


Figura 3.13 Esquema de una carrocería donde se muestra la salpicadera dentro del cuadro

Como requisito para realizar cada una de las fases de las pruebas, se debían cumplir ciertos requisitos de acuerdo al plan de actividades aprobado por la planta automotriz. Estas actividades se encuentran resumidas en las siguientes tablas:

Tabla 3.1 Recolección de muestras

Paso	Actividad
1	Buscar paneles con la condición de escurrimiento de zinc en los contenedores del mercado de producción.
2	Durante las siguientes corridas de producción, coleccionar paneles de salpicadera, de lado derecho o izquierdo con cualquier nivel de escurrimiento de zinc hasta completar las piezas necesarias de cada fase.
3	Después de completar el número de piezas necesarias para la fase, se comunicará al personal de la armadora automotriz.

Tabla 3.2 Preparativos para las pruebas

Paso	Actividad
4	Se entrenará a personal de manera temporal con motivo de dar seguimiento en tiempo real a las unidades de prueba para explicarles cómo deben ser realizadas las actividades; definiendo los puntos de inspección, una persona en la línea de carrocerías (donde ensamblará la pieza y tomará el número de serie de la unidad a seguir), 2 personas en línea de pintura (al final de los hornos para identificar el material con cinta adhesiva y otra persona en la etapa de lijado, donde se reparan imperfecciones de las capas anteriores a la pintura final), una persona en ensamble (tomando foto y nota del color de la unidad ya ensamblada y pintada y coordinar a los choferes para mover las unidades a final del proceso para mover unidades en el área de inspección final de calidad).
5	Preparará una clasificación preliminar de los paneles con la condición de escurrimiento de zinc en los paneles, desde la condición más ligera hasta la más crítica y en este caso, entrarán las condiciones más ligeras en primera instancia.
6	Avisará cuando esté preparada la clasificación preliminar a planta pintura y estampado; entonces el personal clave de ambas plantas validarán la condición.
7	Elaborarán plantillas plásticas (una por cada panel) para evaluar la localización exacta del escurrimiento de zinc, los cuales serán evaluados como unidades terminadas. Además se tomarán fotos de cada salpicadera y localización del escurrimiento de zinc, pero también mostrando la localización exacta en cada plantilla.
8	Avisará de manera formal, por medio de un correo electrónico al personal de carrocerías, pintura, ensamble final y calidad antes de empezar cada fase para avisar sobre la actividad que será desarrollada y sus alcances.
9	Contactará al área de calidad de entrada para pedir soporte en la coordinación de choferes para mover las unidades desde los patios hasta el área de calidad, donde se inspeccionarán las salpicaderas en unidades terminadas.

Tabla 3.3 Pasos durante el proceso de pruebas

Paso	Actividad
10	Se coordinará con la compañía sorteadora el movimiento de los racks de salpicadera para ser movidos al punto de instalación en carrocerías.
14	Se tomaran los números de serie de cada unidad al ensamblar cada una con la salpicadera con la condición.
15	Después de la última unidad del sublote de cada fase, se vigilará el área de pintura, específicamente a la salida de hornos para identificar las unidades con seguimiento y evitar que en el área de lijado se le realice algún tipo de reparación en la salpicadera.
16	Las unidades (salpicadera lado derecho o izquierdo) serán evaluadas específicamente en la estación de lijado. El objetivo es observar la salpicadera después de la aplicación de e-coat. Esto es previo a la etapa de color en el proceso de pintura tomando fotos de salpicaderas en esta área como registro.
17	Después de evaluar la última unidad del sublote en la etapa de lijado, será necesario obtener el nuevo número de serie actualizado.
18	Pedir al área de calidad que se bloqueen las unidades a evaluar, con el fin de asegurar que serán evaluadas al 100% por calidad.
19	Cuando las unidades se hayan terminado al 100% en el ensamble, se enviarán al área de calidad por choferes previamente asignados para ser evaluadas por el departamento de calidad. Para esta evaluación se avisará en avanzada a personal de estampado, pintura y calidad para evaluar y validar con todo el equipo involucrado en las pruebas.
20	Después de evaluar las unidades, se liberaran en el sistema de bloqueo de unidades de la planta automotriz como unidad aprobada y se embarcarán al cliente. Con esta actividad estaría terminada la fase de pruebas de cada sublote.
21	En caso de que alguna unidad sea evaluada y juzgada como "No buena" por todos los departamentos envueltos. Se definirá en conjunto con la planta de estampado el inicio de la prueba de cada sublote para pasar por todo el proceso de seguimiento y completar el proceso.
23	Las actividades anteriores deberán ser realizadas para cada fase de pruebas.

Tabla 3.4 Pasos después de la prueba y el 100% de unidades evaluadas

Paso	Actividad
24	Se definirá en conjunto con la planta de estampado y pintura, cuáles serán los siguientes pasos una vez que se tengan los resultados y evaluaciones del total de unidades.
25	Se deberá realizar un reporte completo sobre las pruebas, empezando desde una manera muy amplia con las características de las unidades.
27	Una vez que se hayan realizado todas las fases, se realizarán las actividades pertinentes para tener dos paneles, el primero con el acero al descubierto con la condición y el segundo panel con la condición de que deberá ser pintado; ambos deberán ser certificados y firmados por personal de estampado, pintura, calidad y carrocerías.
28	Una vez que la condición de escurrimiento de zinc sea oficialmente aceptada, será necesario que se imparta un entrenamiento al personal técnico de estampado acerca de la condición, su origen y propósito de evitar tirar al desecho los paneles con esta condición.

3.3.2 Prueba de pintura en salpicadera fase 1

Como parte del seguimiento de la primera fase, la planta apoyó para desarrollar algunas pruebas usando la salpicadera; para esta fase se crearon plantillas de plástico con el propósito de ubicar la posición exacta donde la condición fue detectada mientras se segregaban de la línea de producción.

En esta ocasión, hubo varios participantes en la evaluación de unidades, tanto de calidad planta, como estampado y pintura. Las imágenes 3.14 a 3.20 muestran cómo la condición se veía como panel, algunas imágenes después de salir del proceso de e-coat y después en unidad terminada.

Muestra 1 de salpicadera

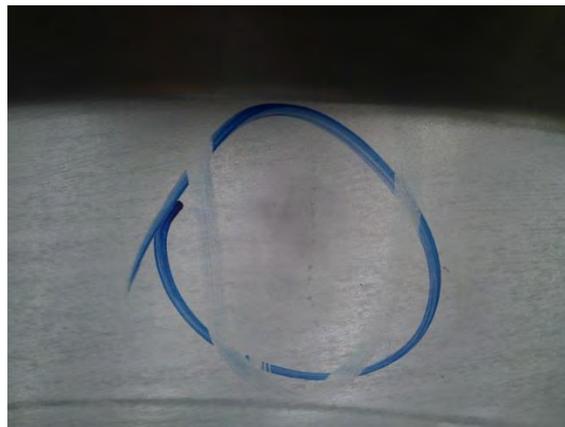


Figura 3.14 Muestra 1 con escurrimiento de zinc dentro del círculo pintado

Muestra 2 de salpicadera



Figura 3.15 Muestra 2 con escurrimiento de zinc dentro del círculo pintado

En la siguiente imagen se muestra cómo la condición se observa después del e-coat y se demuestra que la condición en la unidad terminada no se observa.

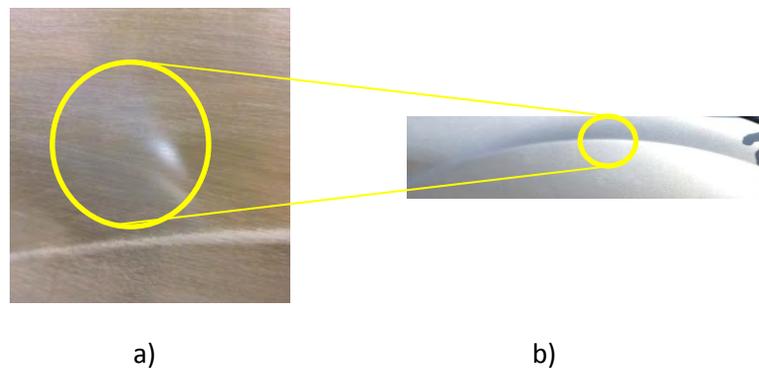


Figura 3.16 Muestra 2 con escurrimiento de zinc, del lado izquierdo se encuentra el panel estampado con recubrimiento e-coat a) y de lado derecho con pintura como unidad terminada b)

La unidad fue evaluada por personal de varias áreas de la planta automotriz, tales como estampado, calidad, pintura y la condición no fue observada en la unidad terminada.

La salpicadera de la muestra 2 fue retrabajada con lija en la etapa de lijado, porque tenía sospecha que la condición pudiera ser vista después del pintado; entonces como contramedida, para la siguiente etapa (fase 2) los paneles no fueron retrabajados, esto con el fin de validar la prueba sin retrabajos.

Muestra 3 de salpicadera

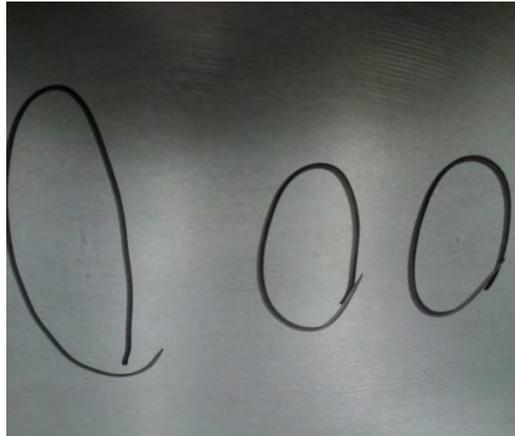
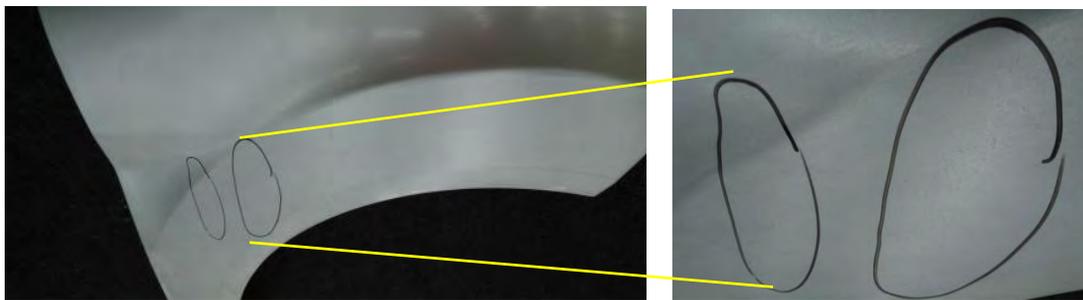


Figura 3.17 Muestra 3 con escurrimiento de zinc dentro de los círculos pintados

Muestra 4 de salpicadera



a)

b)



c)

Figura 3.18 Muestra 4, dos imágenes del panel estampado en parte superior a) y b), debajo la imagen del mismo panel ensamblado y pintado c).

Muestra 5 de salpicadera

En este caso, tal como en la muestra 4, el panel de la salpicadera tampoco fue reparado y en el departamento de calidad la condición no fue detectada durante su inspección final.

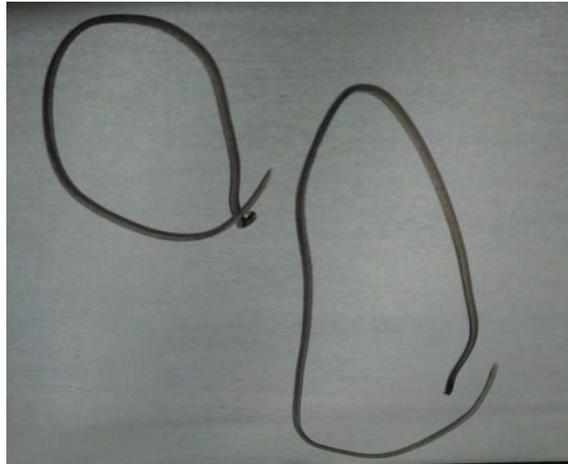


Figura 3.19 Muestra 5 con escurrimiento de zinc dentro del círculo pintado

El panel de la muestra 5 no fue retrabajado en ninguna etapa del proceso, entonces basado en la inspección de calidad planta, el resultado de estas unidades fueron las mismas que la muestras 2, 3, las cuales fueron reparadas.

Finalmente la última unidad fue evaluada por calidad planta fue aprobada.



Figura 3.20 Muestra 5, panel estampado pintado

Conclusiones prueba de pintura fase 1:

Después de realizada la segunda etapa de las pruebas usando distintos colores de unidades, se observó que la condición no es visible después de pintada.

Una buena idea fue evaluar las unidades con varios colores para observar cómo el escurrimiento de zinc puede ser observado o denotado; sin embargo en el caso de los paneles de prueba esto no fue realmente observado, lo que significa que la prueba mostró que la hipótesis de que el escurrimiento de zinc no afecta de manera significativa al producto terminado es cierta.

Basado en el soporte y experiencia del personal de la planta pintura, fue mencionado y recomendado que en pruebas futuras las unidades deberían ser evaluadas en colores plateado y rojo, porque estos podrían mostrar cualquier condición que el acero pudiera tener, basados en algunas condiciones detectadas en su proceso interno y experiencia con lo que respecta a dichos colores. En cambio, los colores oscuros como el negro, generalmente no permite detectar todas las condiciones que demeritan la calidad final del producto.

3.3.3 Prueba de pintura en salpicadera fase 2

En esta segunda fase las unidades a evaluar fueron 5, básicamente en color plateado y rojo, en esta ocasión, hubo varios participantes en la evaluación de unidades, tanto de calidad planta, como estampado y pintura.

Las imágenes 3.21 a 3.23 muestran cómo la condición se veía como panel y luego en unidad terminada.

Muestra 6 de salpicadera



Figura 3.21 Muestra 6 con escurrimiento de zinc dentro del círculo pintado y plantilla plástica representando las zonas donde se encuentra la condición

Muestra 7 y 8 de salpicadera



a)

b)

Figura 3.22 a) Muestra 7 y b) muestra 8 con escurrimiento de zinc dentro del círculo pintado y plantilla plástica representando las zonas donde se encuentra la condición

Muestra 9 y 10



a)

b)

Figura 3.23 a) Muestra 9 y b) muestra 10 con escurrimiento de zinc dentro del círculo pintado

Como requisito de parte del personal de pintura, una vez pintadas y ensambladas estas unidades debieron ser evaluadas con la luz solar, ya que por comentarios del personal de pintura, algunos defectos pueden ser perceptibles unicamente con luz solar; por lo tanto pidieron evaluarlas en los patios de calidad a la intemperie por personal de calidad certificado.

Estas 5 muestras fueron consideradas y segregadas como las peores condiciones segregadas de un total de 36 paneles.

Desde el inicio la instrucción por parte de planta de estampado era no realizar cualquier tipo de reparación o retrabajo sobre las salpicaderas con el propósito de estar seguros que las evaluaciones y resultados al final de la planta ensamble iban a ser 100% confiables.

Las evaluaciones de las unidades, considerando el juicio amplio y experimentado de las diferentes partes de la planta, mostraron que las unidades con escurrimiento de zinc evaluadas como unidad terminada no fue observada en el panel, por esta razón, se considera como resultado positivo la fase 2 de las pruebas de pintura en 2015.

Como paso siguiente la planta solicitó evaluar 30 paneles dividido en dos lotes de 15 piezas cada una. Esta piezas se evaluaron de modo continuo en el proceso de ensamble, lo cual significa que el color asignado será aleatorio.

3.3.4 Prueba de pintura en salpicadera fase 3

Como parte del seguimiento realizado acerca de la evaluación de escurrimiento de zinc y tomando en cuenta la sugerencia del personal de planta pintura, la siguiente fase de la evaluación fue enviar 30 paneles de salpicadera al proceso de ensamble y evaluarlas como unidades terminadas

Algunos aspectos importantes a considerar son que la condición de escurrimiento de zinc en los paneles fue clasificada en un acuerdo previo, el nivel de escurrimiento de zinc observado en los paneles fue incrementando desde la muestra 1 hasta la muestra 15.

La prueba fue realizada en dos fases, por lo que significa que las primeras 15 unidades fueron enviadas al proceso de ensamble en el primer turno mientras que la segunda fase de la prueba consistió en enviar las otras 15 salpicaderas al proceso de ensamble durante el segundo turno.

El propósito del proceso de ensamble en ambos turnos fue que las unidades pasaran por el proceso de pintura de la misma manera (ambos turnos), para que la mayoría de las personas clave en planta pintura pudieran observar la condición, especialmente en la etapa de lijado para constatar si la condición es observada después de aplicado el e-coat.

También como las 5 unidades previamente evaluadas; se crearon plantillas de plástico para cada salpicadera colocando en el plástico la localización y dimensión exacta donde la condición de acero se encontraba, con el propósito de usar la plantilla correspondiente sobre la unidad terminada como parte de su evaluación.

Las siguientes imágenes muestran algunos de los paneles con la condición de escurrimiento de zinc. Puede ser observada que se ubica en diferentes cuadrantes sobre el panel.



Figura 3.24 a) Muestra 18 y b) muestra 23 en fase 3, la plantilla indica la posición del escurrimiento de zinc

En conjunto con el personal de estampado, se clasificaron todos los paneles con sus correspondientes plantillas antes de enviarlos al proceso de ensamble. Cuando las unidades pasaron la etapa de lijado, se aseguró que los paneles de salpicadera no fueran reparados en las unidades enviadas con seguimiento en línea de producción. Esta actividad fue hecha con el apoyo de una compañía terciaria, es decir se contrató a personal temporalmente para dar seguimiento en línea de producción (carrocerías, pintura y ensamble)

Las unidades fueron evaluadas considerando la luz artificial LED por el personal de calidad. El propósito era básicamente asegurar que cualquier condición se detectara por personal entrenado de la planta automotriz. Como conclusión final las 30 unidades fueron consideradas como aceptadas durante esta fase.

3.3.5 Prueba de pintura en salpicadera fase 4

Como parte del seguimiento realizado acerca de la evaluación de escurrimiento de zinc y tomando en consideración la sugerencia de planta pintura, el siguiente paso del proceso de evaluación fue enviar las últimas 100 piezas de salpicadera durante todo el proceso de ensamble y evaluar las unidades con las peores condiciones como unidades terminadas. Se enviaron 50 unidades en primer turno y las restantes 50 unidades se enviaron en segundo turno.

Es importante remarcar, que antes que los paneles fueran enviados a la línea de producción, el personal de pintura visitó estampado para verificar las condiciones en el acero antes de ser pintadas.

Algunos aspectos importantes a considerar en la condición de escurrimiento de zinc en los paneles fue clasificado en un acuerdo previo entre la planta y la compañía donde laboro. El nivel de escurrimiento de zinc observado en los paneles fue incrementando desde la muestra 1 hasta la muestra 100.

La prueba fue realizada en dos fases; esto significa primeramente 50 unidades fueron enviadas al proceso de ensamble en el segundo turno. La segunda fase de la prueba consistía en enviar los 50 paneles restantes al proceso de ensamble durante el primer turno.

Al igual que las fases anteriores, el propósito del proceso de ensamble en ambos turnos fue que las unidades pasaran el proceso de pintura del mismo modo (ambos turnos).

También al igual que en fases anteriores, se crearon plantillas para cada salpicadera colocando en la ubicación y dimensión exacta donde se encontraba la condición.



Figura 3.25 a)Muestra 49 y b)muestra 47 den fase 4, la plantilla indica la posición de escurrimiento de zinc

En conjunto con el personal de planta estampado se clasificaron todos los 100 paneles con sus correspondientes plantillas antes de enviar al proceso de ensamble. Cuando las unidades pasaron el área de lijado, se aseguró que las unidades salpicadera utilizadas en la prueba no fuesen reparadas.

Las unidades fueron evaluadas bajo la luz LED emitida por corriente eléctrica en el área de calidad.

Una unidad fue detectada como sospechosa por la planta de estampado, pero de acuerdo al criterio del personal de calidad, el panel se veía bien y era aceptable. Como conclusión final y general las 100 unidades fueron consideradas como liberadas durante la fase de prueba.

3.3.6 Prueba de pintura en salpicadera fase 5

Como parte del seguimiento, el segundo lote de evaluación fue enviar al proceso 100 unidades más de manera consecutiva, a diferencia de la fase 4, donde se enviaron 50 piezas en primer turno y las 50 restantes en segundo turno. Además las últimas 30 unidades con la peor condición para que fueran evaluadas por el equipo de calidad, estampado y pintura.

Aspectos importantes a considerar fue que la condición de escurrimiento de zinc en los paneles fue clasificada en acuerdos previos.

Por otro lado el nivel de escurrimiento de zinc observado en los paneles fue incrementando desde la primera hasta la última muestra y la prueba fue desarrollada en 3 semanas, introduciendo 10 piezas de salpicadera por día, el día lunes, martes y miércoles para evitar afectar el inventario durante el fin de semana del departamento de calidad al dejar unidades en sus patios y afectando sus indicadores.

Al igual que en las unidades previamente evaluadas, se crearon plantillas plásticas para cada salpicadera como en las fases anteriores en conjunto con el personal de planta estampado se clasificaron todos los 100 paneles con sus correspondientes plantillas antes de enviar los paneles al proceso de ensamble.

Cuando las unidades pasaron el área de lijado, se aseguró que las unidades de salpicadera utilizadas en la prueba no fuesen reparadas.

Las unidades fueron evaluadas bajo la luz emitida por corriente eléctrica por el área de calidad y como conclusión final y general las 100 unidades fueron consideradas como liberadas durante la fase de prueba.

3.4 Mapa de cadena de valor como herramienta de manufactura esbelta

El mapa de flujo de valor es una herramienta donde se visualizan todas las actividades que se producen desde que está la materia prima hasta que se transforma en producto terminado. El mapeo se enfoca a niveles de eficiencia total y no a la eficiencia generada por células individuales o grupos de trabajo. Un mapa de cadena de valor contiene toda la información relevante del flujo hacia el cliente y tiene en cuenta tanto actividades que agregan valor como las que no lo hacen.

Como parte del proceso visual para ilustrar las mejoras en costo y tiempo se realizaron dos mapas de flujo de valor, el primero corresponde al año 2015, cuando se seguían desechando las piezas con la condición de escurrimiento de zinc y de igual manera generaba paros de línea de producción.

3.4.1 Mapa de cadena de valor en el año 2015

Como se aclaró en los capítulos anteriores, las pruebas de escurrimiento de zinc se realizaron en el año 2015 con el fin de liberar la condición, así que se explicará a grandes rasgos los que este esquema ejemplifica:

-El control de producción de la compañía donde laboro debe de mandar órdenes de compra mensuales a la planta de laminación de laminación ubicado en Japón con un pronóstico de 3 meses por adelantado.

-El área de logística de la compañía donde laboro se encarga de coordinar el transporte mensual desde Japón hasta el centro de servicio en Puebla, lugar donde cortan el rollo y lo convierten en paquetes de paneles con la preforma de la salpicadera.

-En el centro de servicio se cortan los rollos de acero y se forman paquetes de 500 piezas, listos para ser embarcados a la planta automotriz de manera mensual. En promedio se mandaron 13 paquetes semanales en cada mes del año 2015.

-La planta automotriz solicita que se manden los paquetes un día antes de su procesamiento, esto con el fin de cumplir con el JIT(Just in Time) por sus siglas en inglés y con esto evitar sobre inventariado, afectando los costos.

-Una vez procesados, se mandan al mercado de carrocías para ser ensamblados de acuerdo al sistema jale en la línea continua de ensamble.

-Con respecto a los tiempos de paro e indicadores en la línea de producción a causa del escurrimiento de zinc durante el año 2015 se puede observar que el tiempo de entrega de producción es de 23.2 días y un tiempo de valor agregado de 4.355 segundos.

-Con respecto a desperdicios por desecho, se tiran 24 piezas de desecho con escurrimiento de zinc por cada lote de 1600 piezas, es decir el 1.5% del total de producción. En el año 2015 se tiraron 2270 salpicaderas por la condición de escurrimiento de zinc.

-En el año 2015 cuando las piezas por lote de producción de corrida rebasaba 6 piezas de desecho se activaba la campaña de calidad, es decir, las piezas de la producción del día debían ser inspeccionadas de nuevo con el propósito de evitar que se fugaran unidades con tal condición. Cada campaña tenía un costo aproximado de \$500 USD dólares estadounidenses con 4 inspectores en dos turnos. Tomando en cuenta que en el año 2015 se realizaron 25 campañas, se considera un gasto de \$12,500 dólares estadounidenses durante todo el año.

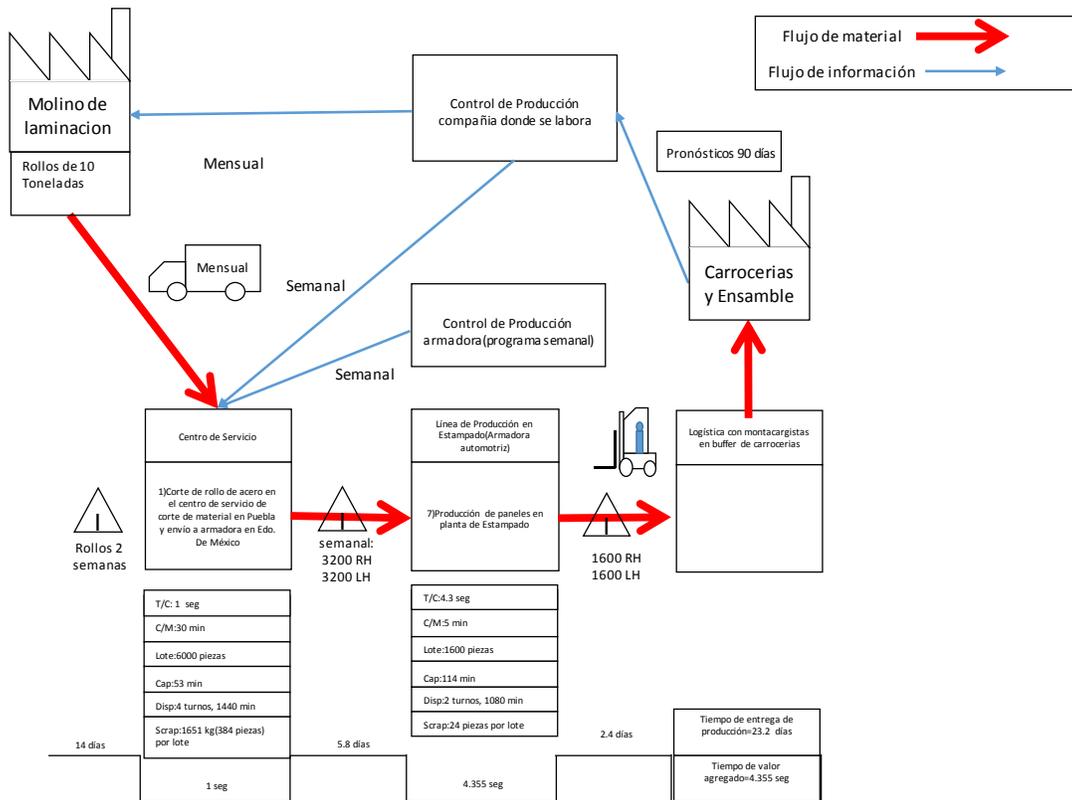


Figura 3.26 Mapeo de cadena de valor en el año 2015

3.4.2 Mapa de cadena de valor pronóstico 2016 y futuros años

Después de realizadas las pruebas tanto en los laboratorios de la planta de laminación y en la planta automotriz, la planta aceptó en liberar la condición, se realizó un “black panel”, es decir se dejó una muestra con escurrimiento de zinc para la posteridad y con firmas de los encargados de calidad de todas las plantas en la planta automotriz, es decir estampado, carrocerías, pintura y calidad.

A continuación se muestra el mapa de valor futuro, es decir, las mejoras después de la implementación. Se observa una mejora de 0.055 segundos en el proceso de estampado por salpicadera procesada y una reducción de 24 piezas de desecho por cada lote de 1600 piezas, es decir una mejora en la eficiencia de 1.5%.

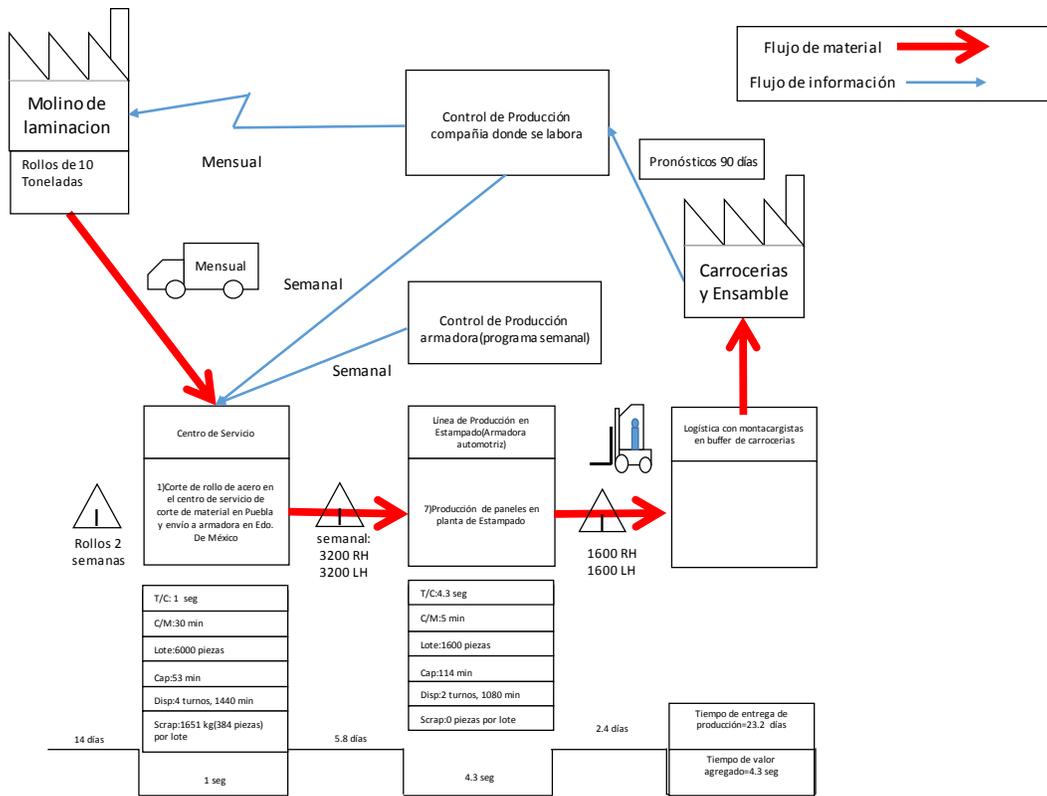


Figura 3.27 Mapeo de cadena de valor en el año 2016 y futuros años

Capítulo 4 Conclusiones

En esta tesina se muestran las pruebas realizadas durante el año 2015 para liberar el material con escurrimiento de zinc, en la empresa donde se labora. Con ayuda del personal de la planta de laminación y de la planta automotriz, se pudieron unificar los criterios de calidad para el caso del escurrimiento de zinc.

Con el objetivo de implementar una mejora, se dio a la tarea en conjunto con la planta automotriz de realizar pruebas de calidad, es decir pruebas de pintura, fosfatado de zinc y espectroscopia de energía dispersiva de rayos X a salpicaderas con la condición de escurrimiento de zinc. Posteriormente se introdujeron 240 salpicaderas al proceso de ensamble automotriz con seguimiento especializado y como resultado todas las unidades fueron aprobadas y embarcadas al cliente final.

Con respecto a la contribución de mejora en tiempos de paro e indicadores en la línea de producción, a causa del escurrimiento de zinc se observa una mejora en cuanto a indicadores de costos y tiempos de paro de la línea de producción. Se puede observar que el tiempo de entrega de producción es de 23.2 días y un tiempo de valor agregado de 4.3 segundos, es decir que por cada pieza se ahorra 0.055 segundos, que sumado son 11.7 minutos de paro de línea que se disminuirá mensualmente. Además las 24 piezas de desecho con escurrimiento de zinc por cada lote de 1,600 piezas que en 2015 se desechaban, ahora se disminuyó a 0 piezas rechazadas, es decir, se mejoró el 1.5% del total de producción en FTT.

Con respecto a desperdicios por desecho, en 2015 se tiraron 24 piezas con escurrimiento de zinc por cada lote de 1,600 piezas, es decir el 1.5% del total de producción. En el año 2015 se tiraron 2,270 salpicaderas por la condición de escurrimiento de zinc, por lo tanto con esta implementación se prevé un ahorro anual de \$14,301 dólares estadounidenses y además un ahorro de campañas de calidad estimado de \$12,500 dólares estadounidenses. Por lo tanto el ahorro total para el año 2016 y futuros años es de \$26,801 dólares estadounidenses para la compañía. El costo del estudio por parte de la planta de laminación fue confidencial, sin embargo la mayor ganancia fue en cuanto al servicio que se dio a la planta, ya que disminuyeron los reclamos por parte del cliente, es decir de la planta automotriz.

Capítulo 5 Bibliografía

1. - Zhang X.G. Corrosion and Electrochemistry of Zinc, Plenum Press, 1996
2. – Leonard Ralph. Continuous Hot Dip Coatings, Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection, Vol 13A, ASM Handbook, ASM International, 2003, p 786–793
3. - www.mtlo.co.jp. Fecha de consulta: 03/Marzo/2016
- 4.-www.canacero.org.mx. Fecha de consulta: 04/Mayo/2016
- 5.- Arrieta Juan Gregorio, Aplicación Lean Manufacturing en la industria colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de posgrado, Universidad EAFIT, 2011
6. - “Galvanizing Characteristics of Structural Steels and Their Weldments,” International Lead Zinc Research Organization, 1975
7. - Laboratorios de la planta de laminación, Investigation Result of Surface Condition named Zinc Scale on 5DR Roof, 2014
8. - Horstmann D. Reaction Between Liquid Zinc and Silicon-Free and Silicon-Containing Steels, Proceedings of the Seminar on Galvanizing of Silicon-Containing Steels, International Lead-Zinc Research Organization, 1975, p 94