

Modificación de Línea de Pintura para Mejora del Desempeño del Recubrimiento en Autopartes

Ing. Jose Gerardo Salinas Ocampo¹

Resumen— La aplicación de pintura no se debe específicamente para fines cosméticos, también se utiliza para protección medio ambientales debido a que los materiales utilizados tienden a corroerse. El acero que se utiliza para la fabricación es extraído de minerales de la tierra, a estos se les aplica energía para formar acero, pero este nuevo material formado no se encuentra en su forma más estable por lo que tiende a perder la energía añadida, a esto se le llama oxidación.

La línea de pintura existente aplica una capa de pintura para resistencia corrosiva, el cliente aplica una segunda capa al ensamblar en su chasis debido a que las piezas están expuestas a la irradiación solar el recubrimiento se tiende a degradar prematuramente mostrando decoloración, dado que el cliente desea eliminar este proceso de sus instalaciones, se propone la modificación de la línea de pintura para mejorar el desempeño del recubrimiento.

Palabras clave—Pretratamiento, Pintura primaria, pintura superior, irradiación solar, proceso de pintura.

Introducción

Los procesos de pintura algunas veces subestimados, se piensa que al estar recubiertos de pintura tendrá una resistencia por mucho tiempo y debe resistir el ambiente, existen muchos factores para que la protección pueda no resistir el periodo de tiempo adecuado, es por esa razón que se ha hecho investigación en proceso de pretratamiento, en procesos de pintura tanto como materiales de recubrimiento y equipos de aplicación. Se estima que en el 2013 el costo global de corrosión es de US\$ 2.5 millones de millones (US\$ 2.5 trillones) sin considerar las consecuencias ambientales o de seguridad. Este documento presenta la propuesta de mejora de un proceso de pintura para nuevos requerimientos, así mismo, se explica porque es necesario la aplicación de pintura y como evaluar el desempeño del recubrimiento. Los procesos de pintura pueden utilizar el 50 % del espacio de una planta de fabricación de vehículos, el 60 % del costo de inversión y el 70 - 80 % de los energéticos.

Si bien la pintura tiene sus funciones estéticas el principal objetivo es la resistencia a la corrosión y la resistencia a la intemperie, la diferencia entre estas dos características es básicamente la condición de exposición, ya que se puede estar expuesto a la corrosión, pero no al intemperismo, el intemperismo es la condición combinada de irradiación solar, humedad y temperatura.

La corrosión es la degradación de las propiedades de los materiales en la interacción del entorno y es un efecto inevitable. Inicialmente se consideraba oxidación a los procesos en los que una sustancia ganaba oxígeno y reducción era aquella reacción en la que una sustancia perdía oxígeno. Pero hay procesos en los que el oxígeno no interviene y que claramente constituyen proceso de oxidación-reducción. Hoy en día se conoce como oxidación al proceso por el que un metal pierde electrones, y se llama reducción a la transformación en la que un metal gana electrones. El hierro busca su estado más estable en forma de óxido de hierro combinado con el oxígeno, esto lo podemos representar en la Figura 1. En otro diagrama se representa con símbolos de reciclaje, es lo ideal, aunque apenas alcanza el 30%.

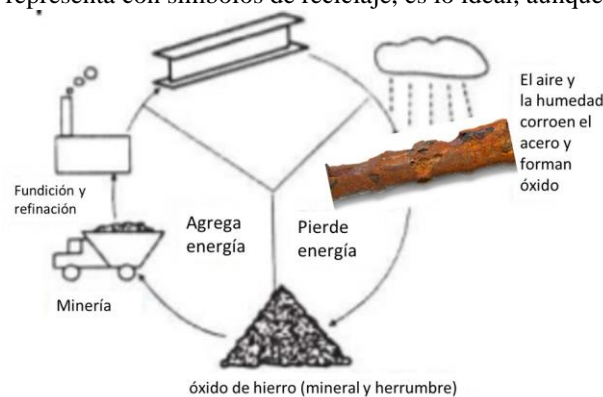


Figura 1 Ciclo de vida del acero

¹ Ing. Jose Gerardo salinas Ocampo, estudiante de posgrado CIATEQ, Ingeniero de proyectos en procesos de pintura e Ingeniero de pintura central regional en ZF Suspension Technology Guadalajara. jose.salinas@zf.com (autor).

Los diseños de vehículos, el mercado y la exigencia de cliente buscan obtener un producto más duradero esto motiva a los fabricantes a implementar nuevos procesos, adaptarse al cambio, la competitividad y tendencias. La competencia de los manufactureros ha llevado a realizar fusiones, cuando las fusiones suceden el Know How evoluciona de acuerdo con las experiencias y estudios de las compañías, lo que produce una nueva especificación de fabricación de sus componentes y los proveedores tienen que innovar sus procesos para cumplir con los nuevos estándares.

No se puede entender un desarrollo de la pintura automotriz sin el desarrollo del mismo automóvil, por lo que se presenta una breve reseña del inicio de la industria automotriz y en algún punto el desarrollo de pinturas del automóvil, cuáles son sus tipos de pinturas que hay actualmente y formas de aplicación. Durante la evolución del automóvil se generaron requerimientos de calidad de pintura que están relacionados con la ubicación de las partes en el automóvil, es decir, el requerimiento de carrocería y chasis son diferente por la exposición ambiental y estética.

Automotriz lo podemos definir como un mecanismo que produce movimiento de manera independiente, y sus inicios datan en Europa con el ingeniero e inventor alemán Karl Benz, obviamente no se entiende un Auto sin un motor, pero eso ya es otra historia. Karl Benz instaló un motor de combustión en un vehículo de tres ruedas alrededor de 1877 fue diseñado, pero fue en 1889 cuando logró empezar a comercializarlo, en ese tiempo no existía la pintura, se utilizaba unos retardantes para corrosión de color negro, se usaban principalmente dos, barniz al aleo a base de aceite de linaza, o bien, un barniz ámbar que se obtiene a partir de resinas líquidas de ámbar que resultaban ser muy caras.

Otros ingenieros como Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach también se encontraban diseñando sus propios vehículos, pero al ser de dos ruedas se dice que incursionaron con motocicletas, su protección contra la oxidación era igual a Karl Benz.

En seguida, en otros países empezaron a incursionar en la industria automotriz como Albert Peugeot en 1901 y Henry Ford en 1908, de Francia y Estados Unidos de América respectivamente. La pintura que utilizaba Henry Ford en su famoso Modelo T era similar a la que se utilizaba en Europa, resinas de linaza que daba un color negro y que tardaba hasta una semana en secar, este recubrimiento se aplicaba con cepillo en varias capas; por supuesto, era un increíble cuello de botella para el innovador sistema de fabricación en serie. Se utilizaban otros colores, pero el negro era el color que se secaba más rápido, para cubrir la demanda se limitó la producción solo a color negro.

La compañía Duco de DuPont Company desarrolló un revestimiento basado en nitrocelulosa que reducía el secado de días a solo 2 horas, al ser una laca esta capa se seca con la evaporación de solventes, esta laca sintética proporciona apariencia, dureza y durabilidad en comparación a las resinas de aceite natural, además de que se puede pigmentar de color, por lo que a partir de 1920 casi los vehículos utilizaban acabados de Duco. Sin embargo, el recubrimiento basado en nitrocelulosa requería de un pulido al final para lograr brillo, disminuía el tiempo de secado, pero agregaba proceso adicional, en 1930 los desarrolladores de pintura buscaban la apariencia de las resinas naturales sin perder la productividad de la resina sintética. El resultado fue el primer “polímero” elaborado para recubrimientos combinando monómeros sintéticos como los naturales, a esto se le denominó pintura alquídica.

El siguiente paso en la evolución de los recubrimientos automotrices sucedió en la década de 1950 con el uso de lacas acrílicas termoplásticas basado en monómeros acrílicos, en esas fechas, los automóviles pasaron a ser de un sistema de transporte a obras de arte, por lo que el recubrimiento se volvió esencial y la pintura acrílica fue la utilizada como capa superior por dos décadas. La alta viscosidad de esta pintura era excelente para poder generar un mejor brillo además del uso de pigmentos metálicos, alta viscosidad generaba un bajo espesor, esto obliga a que los pigmentos se aplanen sobre la superficie pintada generando mejor apariencia, la desventaja es que se buscaba espesores alrededor de 50 micras de milímetros por lo que era necesario aplicar más capas en serie, si bien esto representaba una desventaja, era mucho mejor que las tecnologías anteriores.

Se había logrado obtener excelente apariencia con las capas superiores, pero seguía habiendo el problema de oxidación prematura por lo que el desarrollo de la capa primaria era muy importante, Ford implementó la electrodeposición en 1957 de forma anódica con algunos problemas, pero no fue hasta que en 1973 PPG Industries implementó electrodeposición catódica.

En la década de los 1970 ya se contaba con aplicaciones múltiples de capas, un epóxica primario y un acrílico secundario, la exposición solar provocaba la pérdida de brillo de los recubrimientos acrílicos por lo que se tenían que pulir al mismo tiempo que en 1980 la Agencia de protección ambiental reguló limitando los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC por sus siglas en inglés), estos son generados en la evaporación de los solventes del recubrimiento. La solución fue dividir la capa superior en dos capas denominadas recubrimiento base el cual contiene los pigmentos y el recubrimiento polimérico transparente, este último proporciona la protección al ambiente, ayuda a conservar el color en el recubrimiento base, ambos basados resinas acrílicas hidroxí funcionales reticuladas, que son bajos en VOC.

Entonces para la industria automotriz y de vehículos pesados se obtiene una composición de recubrimiento que se puede mostrar con la siguiente Figura 2.

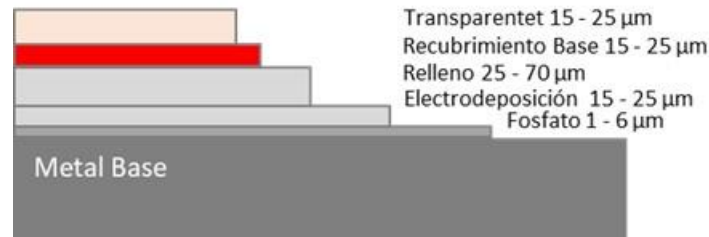


Figura 2 Recubrimiento estándar de vehículos

Para el mercado de autopartes es diferente debido a que no presentan alto grado de requerimiento en apariencia debido a que se encuentran en carrocería. Un proceso de pintura para piezas que se encuentran en chasis catalogadas en normas como underhood/underbody (bajo capo/ bajo cuerpo) requiere pruebas de validación anticorrosivas y resistencia a químicos, químicos comúnmente utilizados en zona de motor como aceite, anticongelante, desengrasantes, ácidos, diésel etc. Cuando la autoparte ya no esta cubierta por la carrocería y se expone a la irradiación solar entonces es necesario implementar otra capa de diferentes características como se muestra en Figura 3.

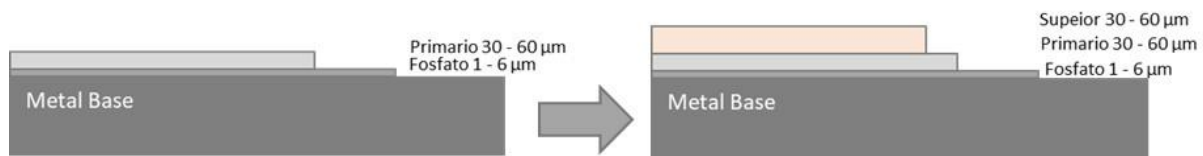


Figura 3 Izquierda: Capas de recubrimiento para autoparte en chasis. Derecha Capas de pintura de autoparte de chasis con exposición solar.

Una modificación de línea conlleva hacer revisión de campo y mediciones previas de espacios, de lo contrario es un proyecto inviable desde su propuesta, ya que el balance de costo-beneficio puede duplicarse, estos espacios van en relación con el tipo de equipos se utilicen y autopartes que se pinten. Por lo que se prosigue a la propuesta de proyecto por contar área.

Descripción del Método

Un proceso de recubrimiento completo dependiendo del diseño, puede contener hasta 25 etapas de proceso, en el siguiente Figura 4 se muestra en términos generales un proceso estándar omitiendo enjuagues, enfriado y zonas de pre secado.

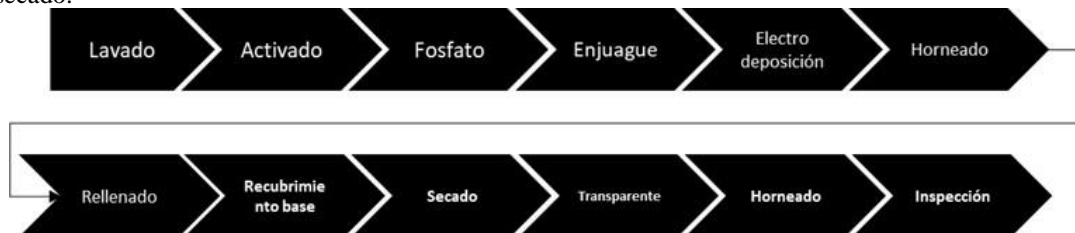


Figura 4 Proceso de pintura estándar de una sola capa.

Para mayor flexibilidad y bajo costos, los OEM se enfocan en el diseño y ensamble de los vehículos, de este modo las fabricaciones de las partes y logística de miles de componentes recae en los proveedores y se enfoca mayormente en partes modulares y pocos procesos que intervengan una vez ensamblado el vehículo.

Este proyecto está basado en una solicitud de cliente en el cual pretende eliminar procesos en sus instalaciones y los proveedores deben absorber el requerimiento final de sus productos modificando sus procesos. En la siguiente Figura 5 se muestra cómo se distribuyen los procesos entre cliente/proveedor en relación con el recubrimiento de los productos, el proveedor fabrica la pieza y aplica el recubrimiento primario. Este recubrimiento es epóxico base agua aplicado por proceso de atomización de pintura con ayuda de carga eléctrica, de este modo se aprovecha mejor la pintura. Una vez aplicado el recubrimiento primario, los productos reciben un ensamble final y se envía a cliente, el cliente ensambla los productos recibidos por sus proveedores, realiza una preparación, aplicación y horneado de la pintura, en seguida realiza un ensamble final de partes que no desea ser pintadas.

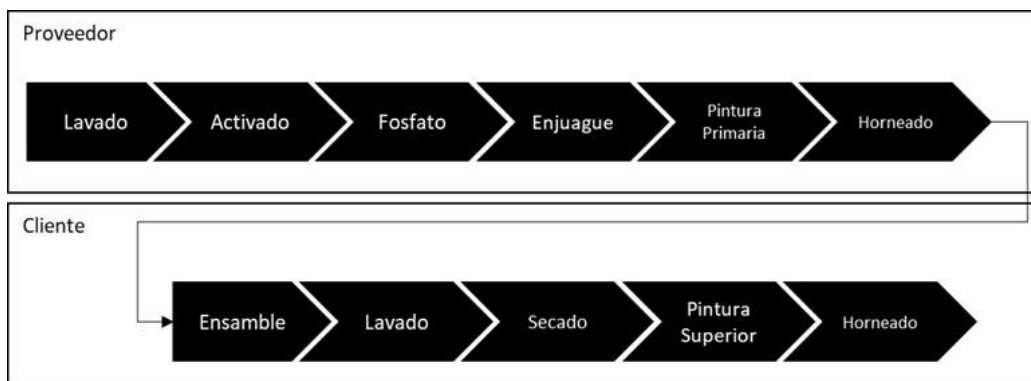


Figura 5 Proceso actual de pintura conjunta

En el resultado de análisis de proveedor se evidencia los beneficios que surgen al eliminar procesos de aplicación de recubrimiento de sus instalaciones. Para lograr eso, los proveedores tienen que recotar los productos y demostrar que cumplen con los requerimientos de calidad. En la siguiente Figura 6 se muestra cómo se puede absorber los procesos de cliente y la simplificación de los procesos de cliente.

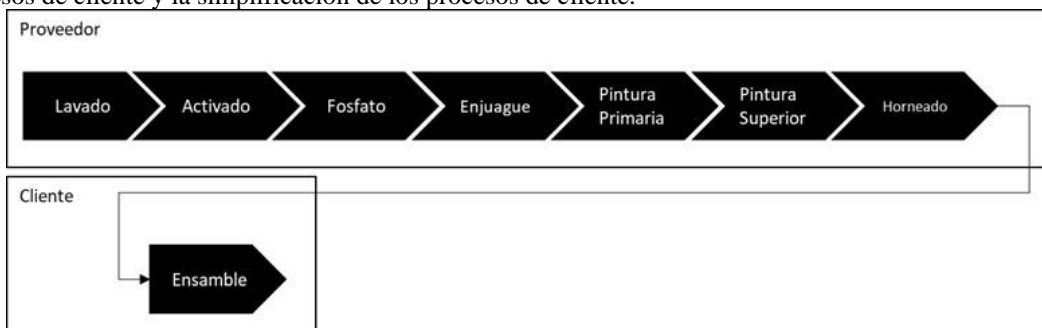


Figura 6 Proceso de pintura de dos capas suministrado por proveedor.

Para obtener los resultados requeridos regularmente se diseñan los equipos conforme a los materiales que se van a utilizar, debido al área disponible de instalación es una premisa por costos, el material se va a definir en base al equipo que se puede instalar. Cada compañía cuenta con sus proveedores estratégicos para trabajar con materiales en este caso la proveeduría es otra premisa. El costo de pruebas para evaluación del desempeño de la pintura es considerablemente costoso por lo que generar un DOE extenso no es posible.

El objetivo se basa a requerimiento específico de cliente indicado en la norma STD 121-0001 con clasificación Y600-3:

- Objetivo 1 Avance de corrosión menor o igual a 10 milímetros sobre los cortes realizados en las muestras de acuerdo con norma STD 1021,2.
- Objetivo 2 Porcentaje de corrosión superficial después de prueba de cámara cíclica menor a $R_i(0) = 0\%$ de acuerdo con norma STD 420-0002.
- Objetivo 3 Porcentaje de pérdida de color después de exposición a irradiación por lámpara de Xenón menor a o igual a grado 1 (Cambio insignificante) de acuerdo con norma STD 423-0041.
- Objetivo 4 Porcentaje de pérdida de brillo después de exposición a irradiación por lámpara de Xenón menor o igual a $83/60^\circ$ de acuerdo con norma STD 423-0023.

Para el objetivo 1 y 2, la condición influyente es la capa primaria de pintura por lo que se propone la siguiente muestra. Se probará 3 tipos de pintura, para esta prueba se utilizará el equipo de mezcla automática, las condiciones de líneas descritas, para cada tipo de pintura se aplicará un aditivo recomendado para incrementar la resistencia a la corrosión, los códigos de cada componente serán recortados y el nombre de proveedor será omitido por falta de autorización.

Factores		Avance de corrosión		Corrosión general	
Tipo Pintura	Aditivo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
Tipo 480	Con	14.9	16	0%	0%
Tipo 480	Sin	9.1	12.2	0%	0%
Tipo 795	Con	10.1	12.2	0%	0%

Tipo 795	Sin	8.9	9.5	0%	0%
Tipo 389	Con	13.3	11.1	0%	0%
Tipo 389	Sin	10.2	12.3	0%	0%

Tabla 1 Resultados de objetivo 1 y objetivo 2

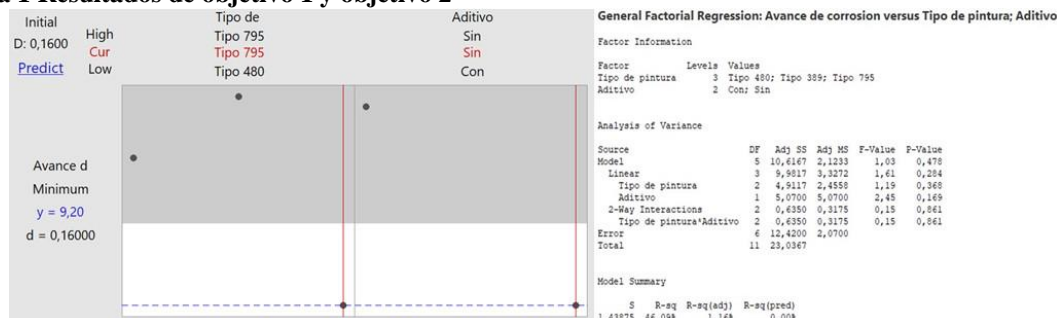


Figura 7 Resultado de DOE Factorial de dos factores

El resultado muestra en la Figura 7 que la pintura tipo 795 cuenta con mejores resultados, además de que el aditivo propuesto no proporciona mejora, es más perjudicial utilizar aditivo que no usarlo, información que está en discusión con proveedor pero que no es posible agregarlo al artículo debido a tiempos.

En el objetivo 3 y 4 el recubrimiento que trabaja es la capa de pintura superior, estas características se evalúan después de la exposición de la luz artificial. Debido a que no es práctico esperar años para ver si un recubrimiento es capaz de soportar el intemperismo se han desarrollado diferentes pruebas que emulan y aceleran el ataque ambiental de la irradiación solar junto con condiciones de humedad hay dos tipos de luz artificial usadas, la luz ultravioleta y la luz de xenón. Cabe destacar que el periodo de prueba no tiene relación exacta con periodos reales de campo por la diversidad de usos de los vehículos, mismo efecto sucede con pruebas de corrosión. Los equipos que simulan estas condiciones tienen una fuente de luz con intensidad regulable, estos equipos están descritos en la norma STD 1027,337 control de humedad, control de temperatura y aspersión de agua. De acuerdo con los resultados del objetivo 1 y el objetivo 2 muestra mejor desempeño en tipo de pintura 795, para la prueba de exposición a Xenón solo se usa este recubrimiento como primario.

Muestras retenidas					
Capas de pintura		423-0023		423-0041	
Primaria	Superior	20°	60°	0°	110°
Tipo 795	Ax01	83.2	89.5	Muestra Maestra	
Tipo 795	AN01	81.6	89.8	Muestra Maestra	
1500 h de exposición					
Capas de pintura		Brillo 423-0023		Color 423-0041	
Primaria	Superior	20°	60°	0°	110°
Tipo 795	Ax01	81.6	90	1, Insignificante diferencia	
Tipo 795	AN01	80.6	89.3	1, Insignificante diferencia	
Diferencial entre muestras retenidas y muestras expuestas					
Capas de pintura		Brillo 423-0023		Color 423-0041	
Primaria	Superior	20°	60°	0°	110°
Tipo 795	Ax01	1.9%	-0.6%	1, Insignificante diferencia	
Tipo 795	AN01	1.2%	0.6%	1, Insignificante diferencia	

Tabla 2 Resultados de Objetivo 3 y 4

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Para la corrosión general no hay mucho que comparar, los 3 recubrimientos ya se con o sin aditivo no presento alguna afectación al recubrimiento, los resultados de avance de corrosión.

Para el avance de corrosión se ingres la información a Minitab, y genera las siguientes graficas. En la Figura 7 se muestra gráficamente el comportamiento de las pruebas, recordando que el ideal máximo es de valor 10, el tipo de pintura con mejor respuesta es el tipo 795 y el factor aditivo no muestra mejora en los resultados de avance de corrosión. De acuerdo con los resultados de la tabla se aprecia que ambas pinturas superiores cumplen con la característica de retención de color y mantienen comportamiento similar en la perdida de brillo, valores que están bastante aceptables.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de para los objetivos 1 y 2 se obtiene que la pintura primaria tipo 795 tiene mejor desempeño, aunque marginal o al límite de especificación, es recomendable probar con otras tecnologías, sin embargo, cumple. La capa superior de ambas propuestas cumple satisfactoriamente las pruebas para objetivo 3 y 4, para la selección de material intervendrá factores como servicio y precio.

Recomendaciones

Debido a que la R-sq de la Figura 7 muestra un valor de 46%, significa que hay factores no considerados que tienen significancia en los resultados, el enfoque de un siguiente estudio se dará en el pretratamiento donde se pretende relacionar composición metalográfica de fosfato de zinc con resultados de avance de corrosión.

Referencias

Público. (n.d.). Retrieved November 2, 2021, from <http://recursostic.educacion.es/ciencias/ulloa/web/ulloa1/publico/pagina9.htm>

Donofrio, J. (2000). Zinc phosphating. *Metal Finishing*, 98. [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(00\)80392-X](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(00)80392-X)

(N.d.). Retrieved November 2, 2021, from <http://impact.nace.org/economic-impact.aspx>

A Brief History of Automotive Coatings Technology. (n.d.). American Coatings Association. Retrieved August 23, 2021, from <https://www.paint.org/coatingstech-magazine/articles/brief-history-automotive-coatings-technology/>

Historia y evolución industria automotriz ha presentado a través de tiempo. (2020, January 3). *Esquire*. <https://www.esquirelat.com/lifestyle/historia-y-evolucion-industria-automotriz-ha-presentado-a-traves-de-tiempo/>

Volvo. STD 121-0001: Painting Y600. Standard Volvo Group, October 2020. 15 p.

Volvo. STD 423-0014: Accelerated corrosion test. Standard Volvo Group, April 2009. 12 p.

Volvo. STD 1021,2: Scribing of Surface coated test object and evaluation of the propagation from scribe when corrosion testing. Volvo Corporate Standard, October 2002. 6 p.

Volvo. STD 420-0002: Evaluation of degradation of paint coatings. Standard Volvo. Group, April 2005. 8 p.

Volvo. STD1027,337: Light exposure. Corporate Standard, 2001-01. 5 p.

Volvo. STD 423-0023: Gloss. Standard Volvo Group, August 2008. 12 p.

Volvo. STD 423-0041: Color assessment in light cabinet. Standard Volvo Group, October 2008. 6 p.

Notas Biográficas

El **Ing. José Gerardo Salinas Ocampo** estudiante de posgrado CIATEQ A. C., campus Zapopan. Egresado de la Universidad Autónoma de Guadalajara de la carrera Ingeniería Industrial y sistemas. Actualmente laborando para la industria automotriz, responsable de proyectos en procesos de pintura desde 2014 y MEC regional (Central de Ingeniería de Manufactura por siglas en ingles) en procesos de pintura desde 2017.