

<b>Fecha de elaboración:</b> 30.04.2021			
<b>Tipo de documento</b>	TID: X	Obra creación:	Proyecto investigación:
<b>Título:</b> Mejoramiento de limpieza de superficies metálicas con herramientas eléctricas o neumáticas (SSPC-SP3) en estructuras metálicas del ingeniero civil Álvaro Jaramillo Durán de la ciudad de Manizales			
<b>Autor(es):</b> Nicolás Jaramillo Hoyos y Laura Alegría Zapata Vargas			
<b>Tutor(es):</b> Juan Felipe Gutiérrez Gómez			
<b>Fecha de finalización:</b> 19.04.2021			
<b>Temática:</b> Preparación de superficies metálicas			
<b>Tipo de investigación:</b> Descriptiva.			
<b>Resumen:</b> <p>En la construcción de estructura metálica, la preparación de superficie para pintura es un paso importante para asegurar la calidad del resultado final. Además de una buena presentación, este proceso será determinante en la vida de los elementos y el costo de mantenimiento asociado, el cual será finalmente cubierto por el propietario de la estructura. La presente investigación busca determinar cuál es el proceso más adecuado para la limpieza de superficie de estructuras metálicas para la adecuada adherencia de pinturas en elementos a ser instalados en industrias alimenticias en la ciudad de Manizales, por el ingeniero Álvaro Jaramillo Durán, por medio del estudio de 4 casos en los cuáles se han presentado fallas. Según los hallazgos, se implementa un adecuado procedimiento de limpieza según estándar comercial SSPC-SP3, con elementos apropiados y acciones estandarizadas, que garanticen uniformidad y buenos resultados en el trabajo, así como optimización de recursos técnicos y económicos.</p>			
<b>Palabras clave:</b> Preparación de superficie, Limpieza neumática, SSPC-SP3, Estructura metálica, Adherencia de pintura.			
<b>Planteamiento del problema:</b> <p>El ingeniero civil Álvaro Jaramillo Durán se ha desempeñado como constructor de estructuras metálicas en la ciudad de Manizales y otras ciudades del país durante los últimos 40 años. Recientemente, con la incursión en la fabricación de estructuras para empresas de alimentos, se han evidenciado problemas de adherencia de pintura en la superficie de las estructuras, lo que ha ocasionado fallas en la calidad de los trabajos, además de reprocesos en la corrección de dichos problemas. Dichas fallas de adherencia pueden ser causadas por fallas en la limpieza de la superficie metálica, la cual sigue la norma SSPC-SP3, la cual representa una limpieza por medio de herramientas eléctricas o neumáticas y discos de fibra o metal, buscando eliminar residuos industriales y asegurar la protección del metal contra la corrosión gracias a que garantiza la correcta adherencia de la pintura protectora.</p> <p>Dadas las condiciones del mercado actual, las empresas de alimentos se encuentran en crecimiento, siendo este un mercado potencial para la ingeniería civil, particularmente para el ingeniero Álvaro Jaramillo. De continuar con una situación de deficientes condiciones de calidad en las obras, la dinámica de la empresa se verá afectada. Es por esto que el presente trabajo pretende realizar un análisis de las condiciones actuales, la normativa vigente y los problemas presentados, con el fin de proponer un procedimiento de mejora para los procesos de limpieza de superficie, que beneficie tanto técnica como</p>			

económicamente al ingeniero Álvaro Jaramillo Durán, y le permita continuar con un crecimiento económico acorde al crecimiento del mercado nacional y mundial.

**Pregunta:** ¿Cómo se puede mejorar el proceso de limpieza de superficies metálicas para contrarrestar errores humanos y factores externos, brindando mejores rendimientos económicos y de materiales en la empresa Álvaro Jaramillo Durán, en la ciudad de Manizales?

**Objetivos:** Mejorar el procedimiento de preparación de superficie en la empresa Álvaro Jaramillo Durán, por medio de la implementación de elementos y procesos adecuados, con el fin de reducir los casos de desprendimiento de pintura en las estructuras instaladas en las empresas de alimentos.

**Marco teórico:**

El marco teórico de la investigación inicia con una breve introducción sobre la importancia de los materiales metálicos en la industria de la construcción, gracias a su versatilidad, economía y propiedades estructurales, comentando también como el medio ambiente es el mayor enemigo de dicho material, por medio de la corrosión. Según los estudios realizados por la industria, se consideran cuatro aspectos fundamentales que intervienen en la correcta protección del metal ante la corrosión. Estos son la preparación o limpieza de superficies, la naturaleza de la protección o sistema de pintura aplicado, el proceso de aplicación de dicho sistema y las condiciones ambientales durante la aplicación, el secado y el curado del sistema de protección [p. 12].

Con respecto a la preparación de la superficie metálica, se nombran las instituciones que guían la normativa, clasificando los niveles de limpieza y como cada uno está identificado por diferentes características con respecto a remoción de óxido, exposición del metal de base y las diferentes herramientas utilizadas en el proceso, siendo la limpieza SSPC-SP3 con herramientas mecánicas o neumáticas la que concierne al presente estudio. [pp. 13-16].

A continuación, se presenta información sobre los esquemas protectores o de anticorrosivo y pintura que se usan para proteger el metal base. Estas protecciones se pueden realizar con distintos materiales, siendo estos metálicos, inorgánicos no metálicos u orgánicos, estos últimos los más utilizados en la industria de construcción de estructuras de gran tamaño y dando una breve descripción de los componentes de cada uno [p. 17].

Seguidamente, se describen los diferentes procedimientos de aplicación de los recubrimientos y cómo las condiciones ambientales durante la aplicación, secado y curado influyen el desempeño del sistema protector en diferentes ambientes de instalación de las estructuras metálicas [p. 18].

Finalmente, se menciona el estado del arte y las tendencias en el mercado actual, las cuales se orientan hacia productos y procesos más amigables con el medio ambiente, que reduzcan tanto la cantidad como la toxicidad de emisiones resultantes de los procesos de fabricación y aplicación de los recubrimientos [p. 19].

**Método:**

Para el desarrollo de la presente investigación, se tomó un enfoque descriptivo con respecto al proceso actual, a los inconvenientes presentados y a los pasos a seguir para presentar mejoras en el proceso de preparación de superficies metálicas. Inicialmente, se realizó un proceso de observación al procedimiento actual de limpieza de superficies metálicas, identificando fortalezas y fallas, sin intervenir ni cambiar nada según las

normas estudiadas. Adicionalmente, se realizó un estudio de factores externos en las empresas afectadas, con el fin de identificar las acciones o materiales que entran en contacto con la estructura una vez instalada. Luego, teniendo en cuenta los resultados anteriores, se realizaron pruebas, ya en un campo más experimental, para medir tiempos, áreas de limpieza, rendimientos y costos de dos tipos de discos utilizados en la limpieza, estableciendo cuál es el más apropiado para la labor requerida. Finalmente, como resultado de la investigación, se redactó el procedimiento adecuado con las debidas recomendaciones, con el fin de implementarlo como plan de mejora para el logro del objetivo general [pp. 20-23].

**Resultados, hallazgos u obra realizada:**

Se realizó la recolección de datos del procedimiento actual para evaluar la efectividad del proceso y su posible incidencia en las fallas presentadas, evidenciando subjetividad en la determinación del resultado [pp. 24-25]. Así mismo, se evaluaron los procedimientos de limpieza y los productos utilizados en una de las empresas donde se encuentra una estructura con fallas de adherencia de pintura, enviando la lista de componentes activos al asesor del proveedor de pinturas para el análisis en laboratorio. Según el personal experto, los componentes que se encuentran en los agentes de limpieza no inciden en la falla de adherencia de pintura [pp. 25-28].

Como paso siguiente, se realizaron pruebas de campo para determinar el tipo de consumible de limpieza que resultara más efectivo tanto técnica como económicamente, dando mejores resultados en el proceso de limpieza de superficies metálicas [pp. 29-32].

**Conclusiones:**

Durante el proceso actual, se evidenció una determinación subjetiva del criterio de aceptación de la superficie como conforme según el grado de limpieza SSPC-SP3. De acuerdo con la literatura consultada, se sugiere hacer uso de la herramienta gráfica SSPC-VIS 3 (Corbett, 2010), la cual es una guía de referencias fotográficas para las superficies preparadas de forma manual y con herramientas mecánicas o eléctricas. Por medio del uso de esta herramienta, se elimina o al menos reduce significativamente la subjetividad en la evaluación de la limpieza de superficie, permitiendo que el personal operativo, así como el personal técnico, formen un criterio estandarizado del nivel de limpieza al cual deben llevar la superficie antes de continuar con el proceso de aplicación de la capa protectora.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante la prueba de campo, se recomienda el uso de discos Flap para realizar la limpieza de superficies metálicas a un grado de SSPC-SP3. Esto debido a su mejor rendimiento en tiempo y economía, los cuales darán mejores resultados técnicos y económicos a la empresa Álvaro Jaramillo Durán.

Evaluando el proceso y viendo la importancia que tiene la preparación de superficie metálica en la correcta adherencia de la capa protectora, se recomienda, antes de la aplicación de ésta, una segunda limpieza con hilaza y solvente para eliminar residuos de polvo generados durante el proceso de limpieza utilizando el disco Flap [p. 33].

**Productos derivados:**

**Mejoramiento de limpieza de superficies metálicas con herramientas eléctricas o neumáticas (SSPC-SP3) en estructuras metálicas del ingeniero civil Álvaro Jaramillo  
Durán de la ciudad de Manizales**

**Nicolás Jaramillo Hoyos**

**Cod. 10203021**

**Laura A. Zapata Vargas**

**Cod. 10203030**

**Corporación Universitaria Unitec**

**Escuela de Ingeniería**

**Especialización en Gerencia de Proyectos**

**Bogotá, Distrito Capital**

**19 de abril de 2021**

**Mejoramiento de limpieza de superficies metálicas con herramientas eléctricas o neumáticas (SSPC-SP3) en estructuras metálicas del ingeniero civil Álvaro Jaramillo  
Durán de la ciudad de Manizales**

**Nicolás Jaramillo Hoyos**

**Cod. 10203021**

**Laura A. Zapata Vargas**

**Cod. 10203030**

**Juan Felipe Gutiérrez**

**Tutor**

**Corporación Universitaria Unitec**

**Escuela de Ingeniería**

**Especialización en Gerencia de Proyectos**

**Bogotá, Distrito Capital**

**19 de abril de 2021**

## Tabla de Contenido

<b>Lista de Ilustraciones</b> .....	4
<b>Resumen</b> .....	5
<b>Palabras Clave</b> .....	5
<b>Planteamiento del Problema</b> .....	6
<b>Justificación</b> .....	8
<b>Pregunta de Investigación</b> .....	10
<b>Objetivos</b> .....	11
<b>Objetivo General</b> .....	11
<b>Objetivos Específicos</b> .....	11
<b>Marco Teórico</b> .....	12
<b>Estado del arte</b> .....	19
<b>Metodología</b> .....	20
<b>Hipótesis</b> .....	20
<b>Fuentes de datos</b> .....	22
<b>Cronograma</b> .....	22
<b>Resultados o Hallazgos</b> .....	24
<b>Recolección de datos</b> .....	24
<b>Conclusiones</b> .....	33
<b>Bibliografía</b> .....	34

## Lista de Ilustraciones

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Fallas presentadas en la adherencia de la pintura en los perfiles metálicos.....	8
2. Clasificación visual de grados de limpieza en superficies metálicas.....	13
3. Cronograma de ejecución de metodología.....	23
4. Grata copa utilizada en el proceso actual de limpieza de perfiles metálicos.....	24
5. Operario realizando proceso actual de limpieza de perfiles metálicos.....	25
6. Correas metálicas con desprendimiento de pintura.....	26
7. Hoja de datos de seguridad HD Plusfoam.....	27
8. Pulidora marca DeWalt usada en prueba de campo.....	29
9. Pulidora marca DeWalt usada en prueba de campo.....	29
10. Vista frontal disco Flap.....	30
11. Vista trasera disco Flap.....	30
12. Acabado limpieza con disco Flap.....	30
13. Vista superior grata copa metálica.....	31
14. Vista inferior grata copa metálica. ....	31
15. Acabado limpieza con grata copa.....	32

**Resumen**

En la construcción de estructura metálica, la preparación de superficie para pintura es un paso importante para asegurar la calidad del resultado final. Además de una buena presentación, este proceso será determinante en la vida de los elementos y el costo de mantenimiento asociado, el cual será finalmente cubierto por el propietario de la estructura. La presente investigación busca determinar cuál es el proceso más adecuado para la limpieza de superficie de estructuras metálicas para la adecuada adherencia de pinturas en elementos a ser instalados en industrias alimenticias en la ciudad de Manizales, por el ingeniero Álvaro Jaramillo Durán, por medio del estudio de 4 casos en los cuáles se han presentado fallas. Según los hallazgos, se implementa un adecuado procedimiento de limpieza según estándar comercial SSPC-SP3, con elementos apropiados y acciones estandarizadas, que garanticen uniformidad y buenos resultados en el trabajo, así como optimización de recursos técnicos y económicos.

**Palabras Clave**

Preparación de superficie, Limpieza neumática, SSPC-SP3, Estructura metálica, Adherencia de pintura.



## **Planteamiento del Problema**

El ingeniero civil Álvaro Jaramillo Durán se ha desempeñado como constructor de estructuras metálicas en la ciudad de Manizales y otras ciudades del país durante los últimos 40 años, procesos en los cuales utiliza como elementos principales el acero, la soldadura, la pintura y otros materiales. Durante este tiempo y gracias a los avances tecnológicos, ha venido mejorando la calidad de sus procesos, permitiéndole ejecutar obras cada vez más grandes como lo son puentes, cubiertas, tanques de almacenamiento, entre otros.

Recientemente, con la incursión en la fabricación de estructuras para empresas de alimentos, se han evidenciado problemas de adherencia de pintura en la superficie de las estructuras, lo que ha ocasionado fallas en la calidad de los trabajos, además de reprocesos en la corrección de dichos problemas. Según los estándares comerciales requeridos comúnmente por los clientes, la estructura debe pasar por un proceso de limpieza según normas internacionales, las cuales indican un nivel de preparación previo a la aplicación de los elementos protectores de corrosión y de las pinturas de acabado.

La norma más adoptada en los procesos es la de la limpieza denominada SSPC-SP3, la cual representa una limpieza por medio de herramientas eléctricas o neumáticas y discos de fibra o metal, que busca eliminar residuos industriales de aceites, grasas o metales, producidos durante el proceso de fundición, moldeado y transporte de los perfiles metálicos utilizados. Dicha limpieza asegura la protección del metal contra la corrosión gracias a que garantiza la correcta adherencia de la pintura protectora, además de permitir la aplicación de pinturas de acabado para cumplir con la estética requerida por el cliente. Según los fabricantes de pinturas, el buen

desempeño de sus productos de recubrimiento para el metal depende de una correcta preparación de superficie.

Dadas las condiciones del mercado actual, las empresas de alimentos se encuentran en crecimiento, dados los aumentos poblacionales y la reciente situación de orden mundial. Siendo este un mercado potencial para la ingeniería civil, particularmente para el ingeniero Álvaro Jaramillo, de continuar con una situación de deficientes condiciones de calidad en las obras, la dinámica de la empresa se verá afectada. Es por esto que el presente trabajo pretende realizar un análisis de las condiciones actuales, la normativa vigente y los problemas presentados, con el fin de proponer un procedimiento de mejora para los procesos de limpieza de superficie, que beneficie tanto técnica como económicamente al ingeniero Álvaro Jaramillo Durán, y le permita continuar con un crecimiento económico acorde al crecimiento del mercado nacional y mundial.

## Justificación

El presente trabajo pretende generar una disminución en el número de inconvenientes presentados por falta de adherencia de la pintura en estructuras metálicas en obras ejecutadas por el ingeniero Álvaro Jaramillo Durán. Verificadas las estadísticas, de diez (10) obras ejecutadas para dos (2) diferentes empresas de alimentos, cuatro (4) obras han presentado fallas de adherencia, lo que significa que el 40% de las obras correspondientes a alimentos presentan fallas de adherencia de la pintura a las superficies. Lo anterior ha ocasionado la realización de obras adicionales para reparar estas condiciones no aptas, generando costos adicionales en las reparaciones, los cuáles se encuentran alrededor del 10% del valor inicial contratado para la estructura.

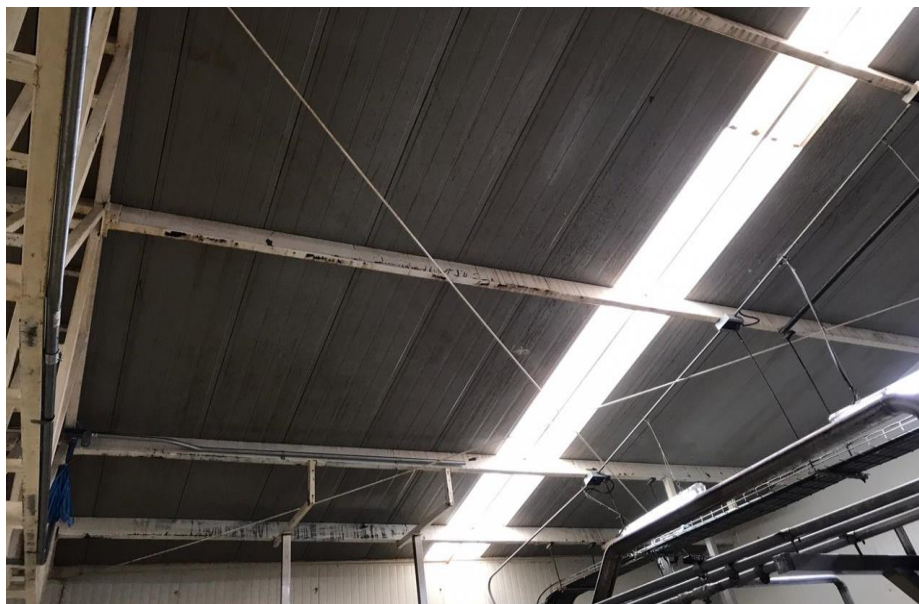


Figura 1. Fallas presentadas en la adherencia de la pintura en los perfiles metálicos.

Tanto para conservar el buen nombre del ingeniero Álvaro Jaramillo durante su trayectoria como constructor como para continuar su excelente trabajo y su crecimiento económico, se desea realizar el presente estudio con el fin de identificar las falencias presentadas en el actual proceso de limpieza de superficie, corregir los fallos por error humano o por la inadecuada escogencia de productos como consumibles y pinturas e implementar un procedimiento adecuado con el cual se minimicen las fallas presentadas. Todo lo anterior tiene como objetivo optimizar costos y tiempo en el proceso de limpieza de superficie, guiando a la empresa a obtener mejores resultados. Así mismo, este mejoramiento en el proceso traerá consigo una mejor calidad en la entrega de las estructuras, permitiendo continuar con las relaciones comerciales con las empresas contratantes.

### **Pregunta de Investigación**

¿Cómo se puede mejorar el proceso de limpieza de superficies metálicas para contrarrestar errores humanos y factores externos, brindando mejores rendimientos económicos y de materiales en la empresa Álvaro Jaramillo Durán, en la ciudad de Manizales?

¿Cuál es el procedimiento actual ejecutado para la limpieza de superficies metálicas tipo SSPC-SP3 en la empresa Álvaro Jaramillo Durán?

¿Qué influencia tienen los procedimientos de limpieza por inocuidad ejecutados por los propietarios de las estructuras, en el desprendimiento de la pintura en las estructuras metálicas?

¿Cuál consumible entre el disco flap y la grata copa es más apropiado en cuanto a calidad y costos, en la preparación de superficie tipo SSPC-SP3 para lograr una mejor adherencia de pintura en las estructuras metálicas usadas para fabricación de elementos en industrias alimenticias?

¿Cómo se debe ejecutar la limpieza de superficie metálica tipo SSPC-SP3, usando herramientas y consumibles identificados, para un óptimo rendimiento técnico y económico, además de excelentes resultados en cuanto a la calidad de la aplicación de pintura en las estructuras instaladas?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Mejorar el procedimiento de preparación de superficie en la empresa Álvaro Jaramillo Durán, por medio de la implementación de elementos y procesos adecuados, con el fin de reducir los casos de desprendimiento de pintura en las estructuras instaladas en las empresas de alimentos.

### **Objetivos Específicos**

1. Documentar el proceso actual de limpieza de superficie tipo SSPC-SP3 para identificar las fallas o errores cometidos por el personal operativo encargado.
2. Identificar los factores externos, correspondientes a los procesos y agentes de limpieza de las industrias de alimentos donde se presentan los problemas de adherencia de pintura, con el fin de detectar su incidencia en el desprendimiento de la pintura en las superficies de las estructuras metálicas.
3. Comparar el desempeño de dos tipos de consumible, los más utilizados durante los procesos de limpieza de superficie, para escoger el más adecuado para la acción requerida, en cuanto a eficiencia técnica y económica para la empresa.
4. Realizar un documento con las mejores prácticas identificadas, para estandarizar el proceso de limpieza de superficies metálicas tipo SSPC-SP3 en la empresa Álvaro Jaramillo Durán.

## **Marco Teórico**

El acero como elemento estructural ha sido utilizado desde la revolución industrial, ya que es fácil de trabajar, versátil y su producción se encuentra distribuida en todo el mundo, convirtiéndolo en una alternativa económica a otros materiales. Sus propiedades estructurales lo han posicionado en la industria de la construcción como un material confiable para soluciones duraderas, siendo además posible su producción en una amplia gama de formas y tamaños. Sin embargo, el mismo ambiente se vuelve en contra de las estructuras en acero, llevándolas a sufrir problemas de corrosión, sobre todo en condiciones ambientales de humedad relativa por encima del 70%, exposición a ambientes marinos o a contaminantes originados por el uso de combustibles fósiles (Caprari, Morcillo, & Feliu, 1979). Para evitar estos fallos, la industria de la construcción ha invertido tiempo y dinero en diseñar procedimientos y productos que logren alargar la vida útil de las estructuras metálicas, protegiéndolas de la corrosión y de las fallas estructurales y estéticas.

En la actualidad, los expertos refieren cuatro factores que intervienen activamente en el buen comportamiento de los materiales metálicos frente a la corrosión. Estos son: la preparación de la superficie metálica, la naturaleza de la protección aplicada, el método o proceso de aplicación de la capa protectora y las condiciones ambientales al momento de la aplicación, secado y curado de la película protectora. Cada uno de estos factores afectan, conjuntamente, la calidad y duración de las estructuras metálicas, ya que de ellos depende la buena salud del metal y la forma en que este se comporte en el ambiente donde será instalado y bajo las condiciones de uso particulares a las cuáles será sometido.

Inicialmente, la preparación de la superficie metálica ha sido identificada desde el siglo XIX como un factor determinante en la durabilidad de las estructuras, gracias a la resistencia a la corrosión que proporciona al material base. Esto se debe a que una adecuada preparación de la superficie no sólo asegura la limpieza del material metálico, sino que también crea el perfil de anclaje adecuado para la capa de protección anticorrosiva. Dicha limpieza ha sido estudiada y estandarizada por organizaciones como la SSPC (Steel Structures Painting Council), la NACE (National Association of Corrosion Engineers) y la ISO (International Standards Organization), quienes generan guías visuales y clasifican la limpieza por niveles, que corresponden a diferentes grados y requerimientos según el porcentaje de óxido permitido en la superficie y el procedimiento de limpieza a aplicar. Algunas de las clasificaciones se muestran a continuación.

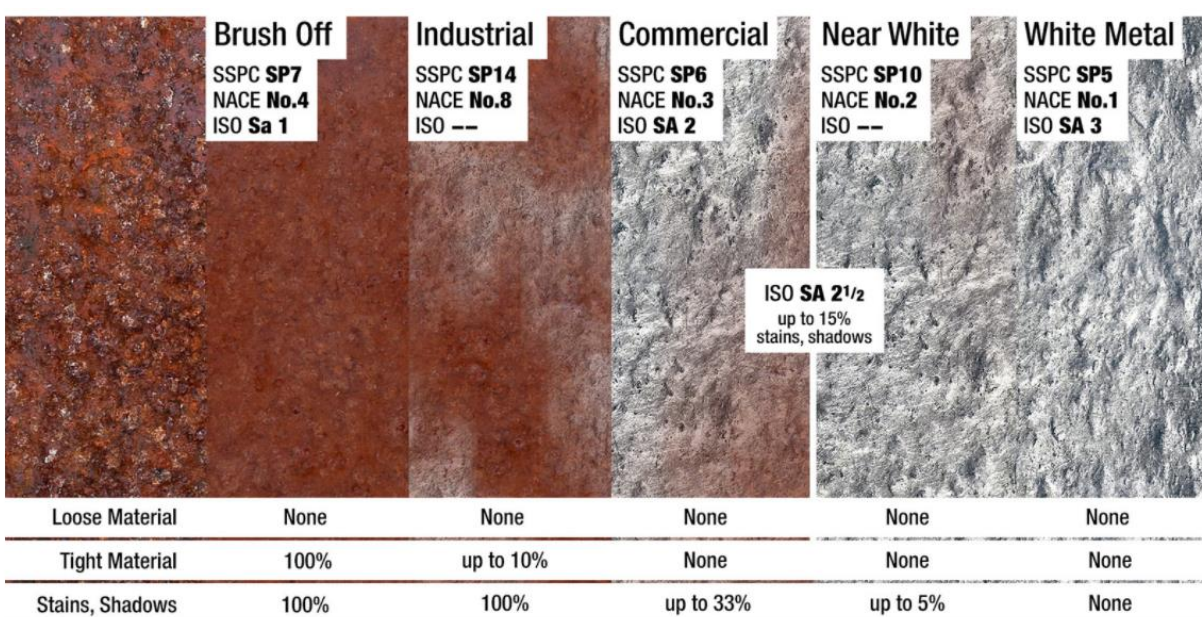


Figura 2. Clasificación visual de grados de limpieza en superficies metálicas. (Graco Inc., s.f.)

Para lograr los diferentes grados de limpieza, se ejecutan procedimientos por medios mecánicos, químicos o físico-químicos, como lo son los tratamientos térmicos, de difusión o de bombardeo de iones, así como una amplia variedad de métodos tradicionales y avanzados según la tecnología implementada (Almeida, Surface treatments and coatings for metals. A general overview. 1. Surface treatments, surface preparation, and the nature of coatings, 2000). Los tratamientos térmicos usan las altas temperaturas para modificar la estructura de la superficie, sea por medio de quemadores o láseres, endureciendo el metal, eliminando el oxígeno que causa



óxido y adecuando la superficie para la adherencia de la capa protectora. Los tratamientos de difusión utilizan igualmente altas temperaturas, pero agregan otros elementos como carbono o nitrógeno, para modificar la composición de la capa superficial del metal sin alterar su composición química, eliminando los radicales libres de los cuales se unen los átomos de oxígeno para crear el óxido y generar corrosión. El bombardeo de iones es una técnica similar a la anterior, sin embargo, no es utilizada en materiales para construcción sino a pequeña escala, en piezas metálicas de maquinaria, por lo que será simplemente mencionada.

Los tratamientos mecánicos son aquellos que actúan sobre la superficie por medio de herramientas manuales, eléctricas, neumáticas o equipos de mayor tamaño, interviniendo para remover escamas, óxidos, aceites, grasas y otros contaminantes. Así, se usan productos abrasivos que afecten la capa superficial del metal, siendo estos naturales o artificiales, metálicos o no metálicos. Los tratamientos químicos y físico-químicos remueven los sobrantes de la superficie o cambian su composición para deshabilitarlos como causantes de corrosión. Con la aplicación de cualquiera de las técnicas anteriormente mencionadas, se considera limpia la superficie cuando está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia de la capa protectora, buscando remover contaminantes como sales, aceites, grasas, ceras, lodos, óxido, pinturas previas, partículas metálicas sueltas o rebabas. Así mismo, la preparación de la superficie pretende mejorar los enlaces electrostáticos y el acoplamiento mecánico entre las irregularidades del sustrato y la capa protectora (Jamali & Mills, 2014).

La primera etapa de la preparación de superficie es la aplicación de desengrasantes, seguida de la descalcificación mecánica o química del material. Según la naturaleza del esquema de protección que se aplicará, la superficie debe cumplir con ciertas especificaciones, generalmente representadas en las guías prácticas de la norma ISO 8501 y las SSPC-VIS que apliquen para la limpieza requerida. Según los diferentes entes reguladores, los niveles de limpieza tienen la siguiente clasificación:

- SSPC-SP-1: Limpieza con solventes, es aquella que utiliza emulsiones, detergentes, soluciones alcalinas o solventes para retirar contaminantes como grasa, aceite, polvo y sales, presentes en la superficie del elemento a tratar.

- SSPC-SP-2: Limpieza con herramientas manuales, es aquella llevada a cabo con cepillos, lijas y otros elementos duros, que retiran residuos de pintura, óxido, soldadura, escamas y otros contaminantes sólidos de tamaño considerable. Para una limpieza básica, debe llevarse a cabo después de la limpieza con solventes, sin embargo, no modifica la superficie para mejorar el perfil de anclaje.
- SSPC-SP-3: Limpieza con herramientas mecánicas o neumáticas manuales, la cual busca eliminar contaminantes como residuos de soldaduras, óxido, pintura envejecida y otras incrustantes, además de darle al material la rugosidad necesaria para una correcta adherencia de la pintura.
- SSPC-SP-5 /NACE No. 1: Limpieza con chorro abrasivo -granallado /arenado metal blanco, la cual utiliza abrasivos a presión para eliminar todos los contaminantes y residuos de metal adheridos a la superficie. Esta limpieza es utilizada para estructuras en ambientes altamente corrosivos.
- SSPC-SP-6 /NACE No. 3: Limpieza con chorro abrasivo -granallado /arenado comercial, es similar a la anterior, pero permite óxido residual en no más del 33% de la superficie de la pieza metálica.
- SSPC-SP-7 /NACE No. 4: Limpieza con chorro abrasivo -granallado /arenado rápido, donde se utilizan abrasivos a presión para retirar la mayor parte de los contaminantes, dejando únicamente los que se encuentran firmemente adheridos. Esta limpieza es usada cuando las condiciones no son severas, ya que presentará zonas de falla en la protección.
- SSPC-SP-8: Limpieza con decapado químico, la cual usa reacciones químicas para liberar la superficie de contaminantes y debe ser posteriormente neutralizada, generando riesgos para la salud y la propiedad.
- SSPC-SP-10 /NACE No. 2: Limpieza con chorro abrasivo -granallado /arenado semi blanco, es similar a la limpieza NACE No. 1, sin embargo, permite óxido residual en no más del 5% de la superficie de la pieza metálica. Esta limpieza se ejecuta cuando las condiciones de servicio son medias a críticas y es ampliamente usada por su rapidez y buenos resultados.
- SSPC-SP-11: Limpieza manual con herramientas mecánicas -metal desnudo, es el proceso de limpieza manual con los resultados de la limpieza con chorro abrasivo, la cual es imposible de ejecutar por cuestiones de espacio o permisos. Adicionalmente, supera a

la limpieza de SSPC-SP-3 al modificar la superficie en suficiente medida para generar un perfil de anclaje aceptable y eliminar la mayoría de contaminantes y residuos metálicos.

- SSPC-SP-12 /NACE No. 5: Limpieza con agua a presión -waterjetting, utilizada especialmente en acero al carbón, ya que únicamente utiliza agua a presión antes de la aplicación del revestimiento protector, aunque puede ser también utilizada en otros materiales.
- SSPC-SP-13 /NACE No. 6: Limpieza de concreto, la cual aplica únicamente para elementos de concreto y su estado final, libres de contaminantes, rebabas o sobrantes y polvo, antes de la aplicación de recubrimientos especiales.
- SSPC-SP-14 /NACE No. 8: Granallado industrial, el cual se aplica con chorro abrasivo en uso industrial, dejando la superficie visiblemente libre de aceites y suciedad, además de remover la cascarilla, dejando únicamente hasta el 10% de área con revestimientos fuertemente adheridos u óxido.
- SSPC-SP-15: Limpieza manual con herramientas mecánicas -grado comercial, es el proceso de limpieza manual donde a simple vista el material está libre de aceites, grasas, cascarilla de laminación y suciedad, pero permite óxido residual en no más del 33% de la superficie de la pieza metálica, difiriendo en este contenido de la limpieza SSPC-SP-3 y la SSPC-SP-11.
- SSPC-SP-16: Limpieza de metales no ferrosos, la cual permite eliminar materiales contaminantes y dar rugosidad a la superficie de elementos galvanizados, en acero inoxidable, cobre, aluminio y latón. (EPM Centro de Excelencia Técnica, 2019)

Como objeto del presente trabajo, se analiza la limpieza tipo SSPC-SP-3, la cual utiliza herramientas mecánicas o neumáticas manuales para obtener los resultados requeridos antes de la aplicación del recubrimiento anticorrosivo. Debido a su facilidad de ejecución y bajo costo, este tipo de limpieza es ampliamente utilizado en la industria de la construcción de estructuras metálicas de pequeño o mediano tamaño, donde las condiciones ambientales no presentan alta corrosividad o humedad relativa, además que no se hace un requerimiento específico hacia otro nivel de limpieza.

Otro factor importante en la prevención de la corrosión en superficies metálicas es el esquema de recubrimiento aplicado. Para que un esquema de recubrimiento se adhiera correctamente al metal, debe cumplir con ciertas características que permitan la vinculación entre ambos actores. Dichos recubrimientos pueden ser de diversa naturaleza, incluyendo coberturas metálicas como galvanizado y cincado, coberturas inorgánicas no metálicas como esmaltado, vitrificado o porcelanizado y coberturas orgánicas, las más usadas en la industria, como pinturas, esmaltes y plastificantes.

Las coberturas metálicas son utilizadas en piezas pequeñas, puesto que su costo es elevado y la técnica de aplicación necesaria limita su uso a elementos como tornillos, tuercas, arandelas y similares. Las coberturas inorgánicas no metálicas son igualmente utilizadas en piezas pequeñas y no se usan comúnmente en la industria de la construcción.

Las pinturas como recubrimientos orgánicos están compuestas de pigmentos dispersos en un medio formado por una parte volátil y un aglutinante. Durante el secado, la parte volátil se evapora, dejando el aglutinante atrás para unir los pigmentos con el material base. El aglutinante determina el tipo de pintura, diferenciándola entre base oleosa, alquídica, vinílica o epóxica, por nombrar algunas de las más usadas en la protección y acabado de estructuras metálicas. El rol del sistema de pintura no es ser impermeable para evitar la corrosión, sino permitir el paso de agua y oxígeno en cantidades tan pequeñas que se concentren en poros, en vez de propagarse en el metal base, causando grandes daños a la estructura. Para contrarrestar estas pequeñas áreas permeables, se deben trabajar combinaciones formuladas y espesores de película adecuados para la protección solicitada, siendo estas primeras capas los anticorrosivos que se protegen del exterior con los esmaltes de acabado final. Al encontrarse en gran variedad de ambientes, la composición de los anticorrosivos y las pinturas de acabado puede no ser igual en cuanto al aglutinante que los compone, sin embargo, estos sistemas trabajan en conjunto para proteger el metal base, por lo que es importante asegurar su compatibilidad.

Como tercer factor fundamental en la protección de las superficies metálicas ante la corrosión, se debe tener en cuenta el proceso de aplicación de los sistemas de recubrimiento, de

los cuales hay que identificar los tipos y su diferenciación, ya que, de acuerdo con sus características técnicas y usos previos, se realiza la elección idónea para cada caso particular.

Los recubrimientos de tipo metálico son aplicados mediante cuatro procesos diferentes: la inmersión de piezas en tanques con contenido líquido, el metalizado o pintura en spray con metal en estado líquido, el revestimiento o recubrimiento con láminas soldadas de otros metales y el galvanizado o adherencia electroquímica de un metal con otro. Debido a su complejidad, no se usan en piezas de gran tamaño para la construcción comercial, sin embargo, la aplicación de estos procesos en piezas pequeñas requiere de una superficie correctamente preparada y la composición correcta para lograr proteger los elementos contra la corrosión.

Los recubrimientos orgánicos, empleados comúnmente son de fácil aplicación y no dependen de equipos y procesos muy especializados. Éstos son clasificados según el estado del recubrimiento como líquidos, polvos y cintas adhesivas. Los recubrimientos es estado líquido pueden ser aplicados por medio de herramientas manuales como brochas o rodillos, o usando herramientas mecánicas como compresores o equipos airless, que cubren grandes superficies en poco tiempo, agilizando la protección del metal desnudo y aplicando capas uniformes que previenen la aparición de burbujas y focos de corrosión. Los recubrimientos en polvo requieren el uso de hornos o baños electrolíticos para la adherencia entre la pintura y el metal de base, siendo ideales para puertas o elementos de menor tamaño. Finalmente, los recubrimientos con cintas adhesivas dependen del adhesivo para su unión con el metal, donde se ejecuta el trabajo manualmente hasta cubrir la totalidad de la superficie.

Finalmente, otro factor que interfiere en la protección contra la corrosión de las superficies metálicas es el estado del ambiente al momento de aplicar, secar y curar la película protectora anticorrosiva, ya que su correcta adherencia depende de un control para evitar contaminación posterior, la mezcla de impurezas con el recubrimiento durante y después de la aplicación y cambios drásticos de humedad en la superficie metálica durante y después de la aplicación. (Almeida, *Surface Treatments and Coatings for Metals. A general overview. 2. Coatings: application processes, environmental conditions during painting and drying, and new tendencies*, 2000)

## **Estado del arte**

El tratamiento de superficies metálicas para evitar la corrosión en su instalación en diversos ambientes es un proceso que se ha venido haciendo durante mucho tiempo. Al ser el acero un material que se puede reciclar en su totalidad, de relativo bajo costo y gran versatilidad, es casi seguro que se quedará en el mercado durante mucho tiempo. Las tecnologías utilizadas para realizar la limpieza de las superficies evolucionan lentamente, gracias a la creación de nuevas técnicas, nuevos materiales y procesos más ágiles, que buscan la reducción en los costos para los fabricantes. Los procesos abrasivos tienen a realizarse con materiales reciclables mientras que, a menor escala, las abrasiones con láser, plasma y deposiciones de vapor ganan terreno.

Así mismo, las tendencias a utilizar productos y procesos más amigables con el medio ambiente, obligan a la industria de la construcción, así como a las industrias asociadas, a realizar cambios en sus materias primas. Una de estas industrias es la de las pinturas y recubrimientos, que utiliza productos corrosivos, tóxicos y altamente volátiles como base para muchas de sus creaciones. Estos elementos están siendo reemplazados por productos con base de agua, líquidos y polvos con alto contenido de sólidos y libres de solventes, siendo aplicados por medio de equipos más eficientes que trabajan con un mayor volumen a menor presión. (Almeida, Surface Treatments and Coatings for Metals. A general overview. 2. Coatings: application processes, environmental conditions during painting and drying, and new tendencies, 2000)

## **Metodología**

Para el desarrollo de la presente investigación, se tomará un enfoque descriptivo con respecto al proceso actual, a los inconvenientes presentados y a los pasos a seguir para presentar mejoras en el proceso de preparación de superficies metálicas. Cada uno de los pasos que se plantea servirá para el cumplimiento de los objetivos específicos, que en conjunto cumplirán el objetivo general. Inicialmente, se realizará un proceso de observación al procedimiento actual de limpieza de superficies metálicas, tratando de identificar fortalezas y fallas, sin intervenir ni cambiar nada según las normas estudiadas. Adicionalmente, se realizará un estudio de factores externos en las empresas afectadas, con el fin de identificar las acciones o materiales que entran en contacto con la estructura una vez instalada. Luego, teniendo en cuenta los resultados anteriores, se realizarán pruebas, ya en un campo más experimental, para medir tiempos, áreas de limpieza, rendimientos y costos de dos tipos de discos utilizados en la limpieza, tratando así de establecer cuál es el más apropiado para la labor requerida. Finalmente, como resultado de la investigación, se redactará el procedimiento adecuado con las debidas recomendaciones, con el fin de implementarlo como plan de mejora para el logro del objetivo general. Todos estos pasos se describen más detalladamente a continuación.

## **Hipótesis**

Según los análisis realizados a los perfiles que presentan desprendimiento de pintura, se determina que algunos de los factores a estudiar para evaluar la correcta adherencia o la falta de adherencia son la limpieza de la superficie metálica para la erradicación de sustancias oleosas, una correcta preparación de la mezcla de pintura, una aplicación en condiciones ambientales apropiadas con respecto a temperatura y humedad y un mantenimiento adecuado de las

estructuras después de instaladas y a lo largo de su vida útil. Considerando la variación de estos cuatro factores, se presenta la siguiente hipótesis de trabajo.

*Si la superficie metálica no es limpiada correctamente antes de la aplicación de las películas protectoras, la pieza metálica sufrirá desprendimiento de pintura, independientemente de las condiciones de aplicación de esta o del mantenimiento posterior.*

De acuerdo a la hipótesis planteada, se señala el error humano como causante de la falla en el proceso, en donde no se están siguiendo exhaustivamente las instrucciones ni llegando a los estándares antes de la aplicación de pintura. Esta situación se comprobará mediante el análisis del proceso ejecutado actualmente, antes de realizar las correcciones pertinentes, de ser requeridas. Adicionalmente, al no llegar a los estándares, se podría también sustentar que el personal no se encuentra realizando las labores con las herramientas adecuadas, obteniendo así resultados deficientes. Lo anterior será evaluado mediante la medición del proceso de limpieza comparando dos diferentes insumos: el disco flap y la grata metálica.

Realizando el análisis de los otros factores que podrían intervenir en la investigación, se genera la hipótesis nula, la cual dicta que, *si se utilizan agentes químicos para la limpieza de las estructuras como procedimiento estándar en las industrias de alimentos, entonces la pintura de las estructuras metálicas se verá afectada, perdiendo su calidad y ocasionando desprendimiento de las piezas, dejando el metal desnudo tras de sí.*

Como alternativa a las dos hipótesis anteriores, se presenta la opción de considerar la variable de la pintura como causante del problema que se investiga, evaluando tanto su composición como su aplicación en las estructuras metálicas. *Si el producto seleccionado para el recubrimiento de la estructura metálica no es el apropiado para ambientes de fabricación de alimentos o su aplicación difiere con la sugerida por el fabricante para un óptimo desempeño, entonces se presentarán fallas en la adherencia de la pintura a las superficies metálicas en los ambientes evaluados.* Habitualmente, los productos seleccionados para este tipo de recubrimiento son adecuados para muchos tipos de ambientes. Se deberá consultar con el fabricante si las condiciones particulares de las industrias alimenticias requieren un producto diferente al que se está utilizando. Así mismo, se deben revisar las condiciones de aplicación y secado, las cuales podrían también ser las causantes de las fallas.



## **Fuentes de datos**

La fuente de los datos obtenidos para el cumplimiento de los objetivos varía según la necesidad de información. La fuente principal es la empresa Álvaro Jaramillo Durán, en donde se realizará tanto la observación del proceso actual como la aplicación del procedimiento para ensayo del consumible óptimo para la limpieza de la estructura metálica, previa aplicación de la capa protectora. La fuente secundaria de información es la empresa de alimentos donde se instaló la estructura metálica que presentó fallas según el caso de estudio, ya que se deben estudiar los protocolos de limpieza y los productos usados para revisar la incidencia de éstos sobre el desprendimiento de la pintura en los perfiles metálicos.

Adicionalmente, para el análisis de los consumibles óptimos para el proceso, se utilizan herramientas y equipos de la empresa Álvaro Jaramillo Durán y se usan dos tipos de consumibles comúnmente encontrados en el mercado, sin realizar la diferenciación entre marcas de consumibles, únicamente seleccionando dos tipos diferentes. Así mismo, para este proceso, se realizan las mediciones en el proceso llevado a cabo por el personal de la empresa que habitualmente se encarga de realizar la limpieza y la pintura, buscando uniformidad en la toma de datos y que estos sean lo más cercanos posible a la realidad.

## **Cronograma**

### **Etapas 1:** Caracterización preliminar.

- Realizar un informe de cada uno de los pasos del proceso de limpieza y preparación de superficie que actualmente se realiza en la empresa Álvaro Jaramillo Durán. Este proceso será documentado por medio de fotografías, realizando las descripciones pertinentes y revisando si este proceso cumple o no cumple según la norma SSPC para nivel SSPC-SP3.
- Realizar una visita técnica a una de las empresas donde ocurrieron los desprendimientos de pintura en la superficie de los perfiles metálicos para tomar fotografías de las fallas localizadas y poder clasificar los tipos de perfiles y magnitud de los problemas. Una vez realizado lo anterior, se procederá a solicitar a la empresa propietaria la información sobre el protocolo de limpieza para las superficies según su manual de inocuidad, generando una lista detallada de los

productos químicos que se utilizan para sus procesos, con el fin de investigar si estos productos generan algún tipo de reacción química con las pinturas aplicadas en la superficie de los metales.

### **Etapa 2:** Pruebas de campo

- Realizar una prueba de campo donde, bajo condiciones controladas, se compare el desempeño de dos tipos de consumibles en el proceso de limpieza de una superficie metálica cuya área sea previamente determinada, con el fin de tomar los tiempos requeridos para dicho proceso y evaluar los resultados finales.

### **Etapa 3:** Resultados

- Elaborar un documento con una serie de recomendaciones prácticas, resultantes de la observación y la investigación ejecutada durante el presente proceso, donde se identifiquen los errores cometidos y las acciones que se pueden mejorar, para obtener mejores resultados en la limpieza de superficies metálicas tipo SSPC-SP3.

Name	Begin date	End date
● Evaluación limpieza metálica AJD	8/02/21	3/03/21
● Etapa 1: Caracterización Preliminar	8/02/21	22/02/21
● Análisis de proceso actual	8/02/21	17/02/21
● Visita de campo caso de estudio	15/02/21	15/02/21
● Evaluación protocolo de limpieza empresa	16/02/21	22/02/21
● Etapa 2: Pruebas de campo	18/02/21	24/02/21
● Consecución de material	18/02/21	19/02/21
● Prueba de campo	22/02/21	24/02/21
● Etapa 3: resultados y recomendaciones	25/02/21	3/03/21
● Elaboración de informe	25/02/21	3/03/21

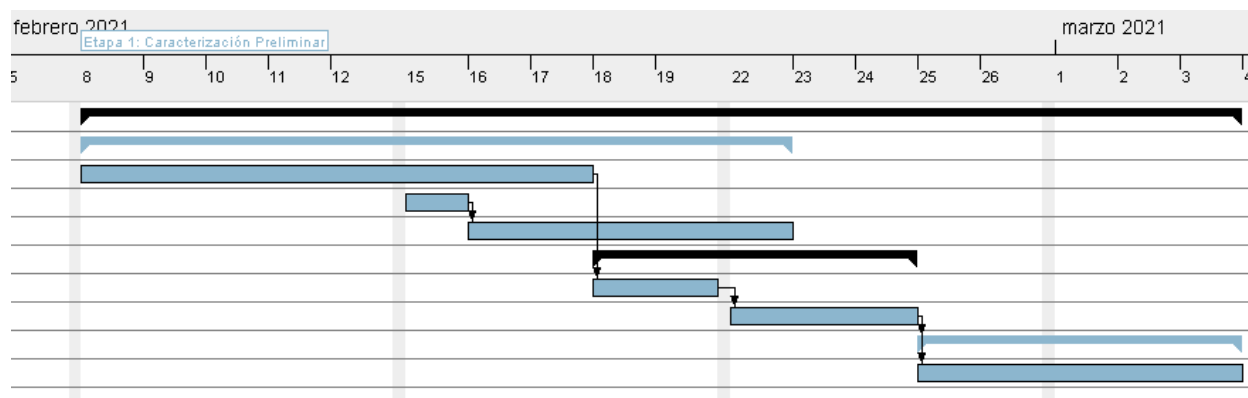


Figura 3. Cronograma de ejecución de metodología.

## Resultados o Hallazgos

### Recolección de datos

Según el planteamiento de la investigación, el paso inicial es documentar el proceso actual de limpieza de superficies metálicas, con el fin de evaluar su pertinencia y su posible incidencia en las fallas presentadas en el caso de estudio. Este proceso se realizó en la empresa Álvaro Jaramillo Durán, observando detenidamente las acciones llevadas a cabo, las cuales se documentan a continuación.

A la llegada del material, este es recibido y ubicado en la zona de trabajo para su posterior limpieza. El personal encargado revisa los perfiles metálicos para registrar las medidas y espesores adecuados, además de cerciorarse que no presenten abolladuras ni defectos que comprometan su integridad estructural. Luego de esta inspección visual, un operario inicia la limpieza usando una pulidora y una grata copa trenzada con cerdas metálicas de diámetro de acople 5/8"; se apoya la grata de forma perpendicular a la superficie y se recorre el área a trabajar.



Figura 4. Grata copa utilizada en el proceso actual de limpieza de perfiles metálicos.



Figura 5. Operario realizando proceso actual de limpieza de perfiles metálicos.

Cuando el operario termina de recorrer toda el área del perfil, se realiza inspección visual por parte del ingeniero encargado, para comprobar que todos los rastros de óxido y pintura hayan sido removidos y la superficie presente una rugosidad apta para la correcta adherencia de las capas protectoras de anticorrosivo y pintura. Los criterios para la aceptación del proceso de limpieza son: 1. Superficie lisa y libre de escamas de material suelto. 2. Superficie libre de rastros de óxido. 3. Superficie libre de rastros de pintura. 4. Superficie visiblemente más brillante que al inicio del proceso. Si la superficie metálica cumple con los anteriores criterios, el perfil se considera listo para pasar al siguiente paso del proceso, sea soldadura o aplicación de la capa protectora. Si no se cumple con alguno de los anteriores criterios, se continúa el proceso de limpieza en las áreas específicas hasta que sea aceptado satisfactoriamente.

Realizando un análisis del proceso actual de limpieza, se evidencia una falencia al final, donde el resultado de la limpieza es examinado de forma subjetiva, sin referirse a ningún tipo de ayuda para la determinación de la conformidad o no conformidad del proceso de limpieza, lo cual llama la atención de los investigadores y será tenido en cuenta para la elaboración de las recomendaciones finales, objeto del presente trabajo.

Así mismo, según lo planteado anteriormente, se busca identificar la incidencia de factores externos como los aportados durante los protocolos de limpieza de la estructura instalada en las industrias de alimentos. Para el caso de estudio, se indagó sobre el proceso

llevado a cabo en el área de instalación de la estructura metálica de cubierta, obteniendo la siguiente información.

Según la inspección llevada a cabo, el desprendimiento de pintura ocurrió en las correas de la cubierta, en elementos metálicos tipo PTS rectangular. La zona se encuentra expuesta a condiciones de altas temperaturas y grasa, ya que funciona como sala de fritura en un proceso de preparación de alimentos.



Figura 6. Correas metálicas con desprendimiento de pintura.

De acuerdo a los protocolos de limpieza facilitados por la empresa contratante, la zona inferior es limpiada semanalmente mientras que el techo se lava de manera rigurosa cada 3 meses, proceso llevado a cabo por un operario calificado bajo la supervisión de los líderes de las áreas de calidad y producción. El procedimiento de limpieza se lleva a cabo siguiendo 5 pasos: “1. Disponer de los implementos de seguridad. 2. Tapar todos los motores y partes que no se pueden mojar. 3. Asegurar que se dispone de todos los elementos de limpieza y desinfección. 4. Con espumador aplicar limpiador espumante cáustico si se requiere. 5. Utilizar máquina sanitizadora” (Comestibles Mapy S.A.S., 2020).

Como se evidencia en el protocolo suministrado, el material es sometido a limpieza con un agente espumante cáustico del cual se presentan la ficha técnica y la hoja de seguridad.



## Hoja de Datos de Seguridad

De Acuerdo con la norma INEN 2266:2013 /Decreto 1496: 2018

### HD PLUSFOAM

Fecha de emisión: 2017-11-01

Fecha de revisión: 2022-11-01

Versión: 01.0

#### 1. Identificación del producto químico y de la empresa

##### 1.1 Identificador del producto

**Nombre del producto:** HD Plusfoam

**1.2 Uso recomendado y restricciones de uso:** Limpiador espumante cáustico. SOLAMENTE USO PROFESIONAL E INDUSTRIAL.

##### 1.3 Fabricante

Fabricado en Colombia para: Diversey Colombia, S.A.S. Autopista Medellín K.M. 1.8 vía Siberia, costado sur, parque Industrial Soko, bodegas 17-18, Municipio Cota, Cundinamarca. PBX: (57-1) 8763815. Bogotá, Colombia.

Importado y Distribuido en Ecuador por:  
DIVERSQUIM S.A. DWE. Vía a Daule, K.M.  
16.5 20 Bronce, Guayaquil-Ecuador.

##### 1.4 Teléfonos de emergencia

Centros de Asistencia: Para emergencias químicas e intoxicaciones llamar a CISPROQUIM® (Servicio las 24 horas). Teléfonos: 2886012(Bogotá), 018000916012 (Colombia), 08001005012 (Venezuela), 080-050-847 (Perú), 1800-59-3005 (Ecuador:sólo Quito, La Sierra, Centro y Norte). Ciatox (Ecuador) 1800-Veneno (836366) y 911para cobertura nacional.

#### 2. Identificación de los peligros

##### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Corrosivo cutáneo, Categoría 1A  
Lesión ocular grave, Categoría 1  
Corrosivo para los metales, Categoría 1

##### 2.2 Identificación de Peligros



**Palabra de advertencia:** Peligro.

##### INDICACIONES DE PELIGRO:

H314 - PROVOCA QUEMADURAS GRAVES EN LA PIEL Y LESIONES OCULARES GRAVES  
H290 - PUEDE SER CORROSIVO PARA LOS METALES

## 9. Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

	Método / observación
<b>Estado físico:</b> Líquido	
<b>Color:</b> primario ámbar	
<b>Olor:</b> Característico	
<b>Límite de olor:</b> No aplicable	
<b>pH:</b>	
<b>pH dilución:</b> ≈ 12 (1%)	ISO 4316
<b>Punto de fusión/punto de congelación (°C):</b> (valor) no determinado	No relevante para la clasificación de este producto
<b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición (°C):</b> No determinado	
<b>Punto de inflamación:</b> No aplicable.	
<b>Combustión sostenida:</b> No aplicable. ( UN Manual de Pruebas y Criterios, sección 32, L.2 )	
<b>Índice de evaporación:</b> (valor) no determinado	No relevante para la clasificación de este producto
<b>Inflamabilidad (sólido, gas):</b> No aplicable a líquidos	
<b>Límite inferior e superior de inflamabilidad o límite ou explosividad:</b> (valor) no determinado	
<b>Presión de vapor:</b> (valor) no determinado	
<b>Densidad de vapor:</b> (valor) no determinado	No relevante para la clasificación de este producto
<b>Densidad relativa:</b> ≈ 1.42 (20 °C)	OECD 109 (EU A.3)
<b>Solubilidad/Miscibilidad con Agua:</b> Completamente miscible	
<b>Coefficiente de partición: (n-octanol/agua):</b> No hay información disponible.	
Datos de la sustancia, coeficiente de partición n-octanol/agua (log Kow): ver subsección 12.3	
<b>Temperatura de auto-inflamación:</b> (valor) no determinado	
<b>Temperatura de descomposición:</b> No aplicable.	
<b>Viscosidad:</b> ≈ mPa.s (20 °C)	No relevante para la clasificación de este producto
<b>Propiedades explosivas:</b> No explosivo.	
<b>Propiedades comburentes:</b> No oxidante	
<b>9.2 Información adicional</b>	
<b>Tensión superficial (N/m):</b> (valor) no determinado	
<b>La corrosión de los metales:</b> Corrosivo	Ponderación de las pruebas

Figura 7. Hoja de datos de seguridad HD Plusfoam (Diversey Colombia S.A.S., 2018)

Ambos documentos, al ser analizados, indican que el producto es considerado corrosivo para metales Categoría 1, por lo cual se extiende la consulta al asesor técnico del proveedor del material de cobertura, es decir el anticorrosivo y la pintura de acabado, quien indica que los materiales de cobertura, al pertenecer a la línea industrial, son creados para resistir las acciones de los componentes químicos presentes en los insumos para la limpieza de superficies, siendo estos además aplicados en una concentración baja, debido a los requerimientos de la industria alimenticia. Dada la explicación anterior, se descarta para el presente caso, el uso de este agente químico como causante del desprendimiento de la pintura en la superficie metálica de los perfiles de cubierta.

Como tercer paso para el proceso investigativo planteado, se propuso la puesta a prueba en campo, de dos tipos de consumibles para la limpieza de las estructuras, esto con el fin de



identificar cuál es el tipo de consumible que presenta mejores rendimientos técnicos y económicos para la empresa. Para este proceso, se decidió tener en cuenta las siguientes variables:

- Eficiencia en limpieza de superficie: tiempo tardado en lograr la limpieza de un área previamente determinada.
- Precio del consumible en el mercado.

Como condiciones uniformes, se tuvieron en cuenta las siguientes:

- Instrumento de trabajo: pulidora eléctrica marca DeWalt tipo esmeriladora angular de 2000 W y 6600 RPM para trabajo con ambos consumibles.



Figuras 8 y 9. Pulidora marca DeWalt usada en prueba de campo.

- Mismo operario calificado, asignado para trabajo con ambos consumibles.
- Perfil circular metálico de diámetro externo: 10", espesor: SCH 40 (9.27 mm).
- Instrumentos de medición: Calibrador, flexómetro metálico, termómetro digital.

Para la medición del rendimiento de los consumibles, se seleccionó un perfil circular metálico de diámetro externo: 10" con un espesor de 9.27 mm que presentara condiciones uniformes de corrosión en toda su superficie. Posteriormente, en cada uno de los costados, se marcó un área de trabajo de 10 cm de ancho por 1 m de largo, ubicada en la parte superior del tubo; esta fue designada como el área objetivo, la cual debía ser limpiada por el operario. Para la primera prueba, se tomó la temperatura ambiente, con un resultado de 15°C y una humedad relativa del 86%, se ubicó la tubería en un espacio techado, con apropiada iluminación artificial y



buen espacio para circular alrededor, se realizó limpieza de la superficie de trabajo usando hilaza y thinner para remover la grasa, se instaló el disco flap en la pulidora y se tomó el tiempo de trabajo hasta obtener un resultado satisfactorio de limpieza.



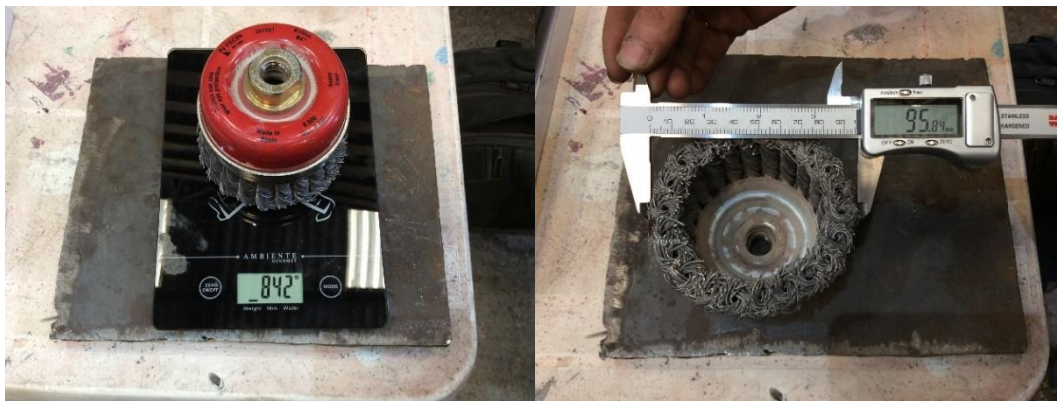
Figuras 10 y 11. Vista frontal y vista trasera disco Flap.

El disco flap seleccionado fue un disco de diámetro 7", con grano grado 60 para limpieza de superficies, cuyo valor comercial se encuentra alrededor de \$21.900 la unidad. Al determinar que el grado de limpieza obtenido era satisfactorio para el consumible seleccionado, se detuvo el cronometro, obteniendo como resultado un tiempo de limpieza de 1:40 (un minuto cuarenta segundos) para el disco flap en el área seleccionada.



Figura 12. Acabado limpieza con disco Flap.

Para la segunda prueba, se dejó transcurrir un tiempo de 30 minutos, durante el cual se permitió descanso del operario y de la pulidora para tener unas condiciones más similares a las obtenidas durante la primera prueba. Luego se tomó la temperatura ambiente, con un resultado de 15°C y una humedad relativa del 86%, manteniéndose constantes, se realizó limpieza de la superficie de trabajo usando hilaza y thinner para remover la grasa, se instaló la grata copa en la pulidora y se tomó el tiempo de trabajo hasta obtener un resultado satisfactorio de limpieza similar al obtenido durante la primera prueba.



Figuras 13 y 14. Vista superior e inferior grata copa metálica.

La grata copa seleccionada fue una copa trenzada metálica de 4" de diámetro, cuyo valor comercial se encuentra alrededor de \$22.900 la unidad. Al determinar que el grado de limpieza obtenido era satisfactorio para el consumible seleccionado, se detuvo el cronometro, obteniendo como resultado un tiempo de limpieza de 2:50 (dos minutos cincuenta segundos) para la grata copa en el área seleccionada.



Figura 15. Acabado limpieza con grata copa.

Según el proceso llevado a cabo, se evidencia que los resultados obtenidos por medio del uso del disco Flap son superiores en calidad y tiempo, además de que su precio es menor al de la grata copa tanto como insumo como en rendimiento según el gasto de energía, la mano de obra y tiempo de trabajo requeridos.

## Conclusiones

Como resultado final de la presente investigación, se reportan los resultados y se realizan las siguientes recomendaciones generales para mejorar el proceso de limpieza de superficie en la empresa Álvaro Jaramillo Durán:

1. Durante el proceso actual, se evidenció una determinación subjetiva del criterio de aceptación de la superficie como conforme según el grado de limpieza SSPC-SP3. De acuerdo con la literatura consultada, se sugiere hacer uso de la herramienta gráfica SSPC-VIS 3 (Corbett, 2010), la cual es una guía de referencias fotográficas para las superficies preparadas de forma manual y con herramientas mecánicas o eléctricas. Por medio del uso de esta herramienta, se elimina o al menos reduce significativamente la subjetividad en la evaluación de la limpieza de superficie, permitiendo que el personal operativo, así como el personal técnico, formen un criterio estandarizado del nivel de limpieza al cual deben llevar la superficie antes de continuar con el proceso de aplicación de la capa protectora.
2. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante la prueba de campo, se recomienda el uso de discos Flap para realizar la limpieza de superficies metálicas a un grado de SSPC-SP3. Esto debido a su mejor rendimiento en tiempo y economía, los cuales darán mejores resultados técnicos y económicos a la empresa Álvaro Jaramillo Durán.
3. Evaluando el proceso y viendo la importancia que tiene la preparación de superficie metálica en la correcta adherencia de la capa protectora, se recomienda, antes de la aplicación de ésta, una segunda limpieza con hilaza y solvente para eliminar residuos de polvo generados durante el proceso de limpieza utilizando el disco Flap.

## Bibliografía

- Almeida, E. (2 de diciembre de 2000). Surface treatments and coatings for metals. A general overview. 1. Surface treatments, surface preparation, and the nature of coatings. Obtenido de Industrial and Engineering Chemistry Research: <https://doi.org/10.1021/ie0002091>
- Almeida, E. (2 de diciembre de 2000). Surface Treatments and Coatings for Metals. A general overview. 2. Coatings: application processes, environmental conditions during painting and drying, and new tendencias. Obtenido de American Chemical Society: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ie000210k>
- Asociación Colombiana de Ingenieros. (14 de Octubre de 2020). Obtenido de [https://issuu.com/memorias\\_conferencias\\_aciem/docs/memorias\\_conf\\_14\\_oct\\_2020\\_am](https://issuu.com/memorias_conferencias_aciem/docs/memorias_conf_14_oct_2020_am)
- Barnhart, R., Mericle, D., Mobley, C., Hocking, T., Bogran, J., Schmidt, B., & McDaniel, E. (1997). *Why Surface Preparation Is Important*.
- Beggs, A., & Stiner, H. (2012). New SSPC Standard Helps Determine Compliance with Profile Requirements. *Journal of Protective Coatings & Linings*, 1–5.
- Boocock, S. K. (1994). *SSPC Research on Performance Testing of Abrasives and Salt Retrieval Techniques*.
- Caprari, J. J., Morcillo, M., & Feliu, S. (1979). El estado de la superficie metálica, factor clave en el comportamiento del revestimiento de pintura. Obtenido de Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España: <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/9925>
- Caprari, J. J., & Rascio, V. J. D. (1981a). *PREPARACION DE SUPERFICIES*. Servicio Naval de Investigación y Desarrollo (SENID).

- Caprari, J. J., & Rascio, V. J. D. (1981b). *Aplicación de pinturas*. Servicio Naval de Casaval S.A. (s.f.). Características generales de tubería en acero carbón. Obtenido de <https://casaval.net/documentos/Tabla-dimensiones-tuberia.pdf> Investigación y Desarrollo (SENID).
- Casaval S.A. (s.f.). Características generales de tubería en acero carbón. Obtenido de <https://casaval.net/documentos/Tabla-dimensiones-tuberia.pdf>
- Comestibles Mapy S.A.S. (6 de Noviembre de 2020). PR-017 Procedimiento Limpieza y Desinfección del área de fritura. Manizales, Caldas, Colombia.
- Corbett, W. D. (Enero de 2010). *Inspection Instruments for the Pipeline Coating Industry*. Obtenido de KTA: <https://kta.com/wp-content/uploads/2010/01/Vol-1-PDF-Flipsnack-DL.pdf>
- CYM Materiales S.A. (Agosto de 2015). Obtenido de <https://cym.com.ar/intranet/Preparacion-de-superficies-norma-SSPC-granallado-cymmateriales-shotblasting.pdf>
- De la Cruz Perez, A. (4 de Enero de 2018). Multiplataforma Digital de Ingeniería y Gestión de la Integridad Estructural, Control de Corrosión y Recubrimientos de Hispanoamérica. Obtenido de <https://infocorrosion.com/index.php/infocorrosion-recomienda/item/800-revisando-las-normas-de-preparacion-de-superficie-para-la-aplicacion-de-recubrimientos>
- Diversey Colombia S.A.S. (19 de Diciembre de 2018). Hoja de datos de seguridad HD PLUSFOAM. Obtenido de [https://www.aurofarma.com/images/PLUSFOAM\\_2.pdf](https://www.aurofarma.com/images/PLUSFOAM_2.pdf)
- EPM Centro de Excelencia Técnica. (14 de enero de 2019). Norma de Construcción Estructuras Metálicas. Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC-MN-OC/NC\\_MN\\_OC08\\_15\\_Estructuras\\_metalicas.pdf?ver=2020-11-17-145418-887](https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC-MN-OC/NC_MN_OC08_15_Estructuras_metalicas.pdf?ver=2020-11-17-145418-887)
- Fleming, D., & Temyer, J. (2009). Surface Preparation: Practices, Equipment, and Standards through 25 Years. *Journal of Protective Coatings & Linings*, 56–63.
- Frenzel, L. (2012). *A Comparison of ISO and NACE- SSPC Development of Surface Preparation Standards including Dry Blast and High Pressure Water Jet Cleaning Methods*.
- Frenzel, L. M., & Chauviere, M. M. (1997). *The Whole Truth Of Standards And Specifications*

For Water In Surface Preparation. *NACE International*.

Giudice, C. A., & Pereyra, A. M. (2010). *CONTROL DE CALIDAD DE PELÍCULAS DE PINTURAS*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata.

Goldie, B. (2008). What in the World of Standards is New for Surface Preparation? *Journal of Protective Coatings & Linings*, 66–67.

Graco Inc. (s.f.). Explicación de las normas para la preparación de superficies: SSPC/NACE e ISO 8501. Obtenido de Graco.com: <https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/surface-preparation-standards-comparison.html#:~:text=ISO%208501%20es%20una%20norma,seg%C3%BAAn%20el%20mayor%20trabajo%20requerido>.

Hoije, H. (1980). *Method of preparing a steel surface for painting on enamelling*.

Jamali, S. S., & Mills, D. J. (diciembre de 2014). Steel surface preparation prior to painting and its impact on protective performance of organic coating. Obtenido de *Progress in Organic Coating*, Elsevier: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2014.08.001>

KTA-Tator Inc. (13 de Abril de 2020). SSPC Vis 3 Guía - Limpieza De Superficies De Acero Empleando Herramientas Manuales Y Eléctricas. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=8ouU1V\\_Rtyg](https://www.youtube.com/watch?v=8ouU1V_Rtyg)

Lee, W. (2011). An Inspector's Views from the Field: Should the World Start to Specify the Joint SSPC/NACE Standards? *Journal of Protective Coatings & Linings*, 28(3), 20–24.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Guía de comunicación de peligros basada en los criterios del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos – SGA. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias\\_qu%C3%ADmicas\\_y\\_residuos\\_peligrosos/A6\\_-\\_Guia\\_de\\_comunicacion\\_de\\_peligros\\_segun\\_el\\_SGA\\_2017.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/A6_-_Guia_de_comunicacion_de_peligros_segun_el_SGA_2017.pdf)

Momber, A. W., & Greverath, W. D. (2004). Surface Preparation Standards for Steel Substrates— A Critical Review. *Mühlhan Surface Protection International*.

- Morcillo, M. (1984). Minimum Film Thickness for Protection of Hot-Rolled Steel: Results after 23 Years of Exposure at Kure Beach, North Carolina. In *New Concepts for Coating Protection of Steel Structures* (pp. 95-95–18). ASTM International.  
<https://doi.org/10.1520/STP29530S>
- Nolte, G. H. (1965). Sea experience with Pratt and Whitney aircraft FT12 gas turbine in LCM-8. *Proceedings of the ASME Turbo Expo, 1A(04)*, 338–344. <https://doi.org/10.1115/65-GTP-26>
- Norwegian Technology Standards Institution. (1999). *SURFACE PREPARATION AND PROTECTIVE COATING*.
- Osuna, R. M., Bethencourt, M., Botana, F. J., Cano, M. J., & Sanchez-Amaya, J. M. (2004). Estudio del efecto de la preparación superficial metálica sobre sistemas de pintura de base agua. VIII Congreso Nacional de Materiales, (págs. 1059-1066). Valencia.
- PATTERSON, H. E. (1957). Chemical Surface Preparation of Steel Prior to Painting. *CORROSION*, 13(1), 77–84. <https://doi.org/10.5006/0010-9312-13.1.77>
- Pineda Delgado, J. J., & Traverso Domouso, R. (2013). *Preparación de superficies, protección anticorrosión y mantenimiento de estructuras navales*.
- Pintuco Colombia S.A. (Septiembre de 2020). TOP QUALITY® PLUS Bifuncional: Anticorrosivo y Acabado para la protección de estructuras. Obtenido de Ficha técnica: <https://pintuco.com.co/wp-content/uploads/2020/01/top-quality-plus.pdf>
- Roselli, S. N., del Amo, B., Carbonari, R. O., Di Sarli, A. R., & Romagnoli, R. (2013). Painting rusted steel: The role of aluminum phosphosilicate. *Corrosion Science*, 74, 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2013.04.043>
- Rosengard, J. (1995). *Nonchromated, primer-free, surface preparation for painting, powder coating and adhesive bonding* (Patent No. 6123782).
- Sika Colombia S.A.S. (junio de 2015). Sika Colombia. Obtenido de <https://col.sika.com/dms/getdocument.get/cdbd8223-6802-3c99-a058-a013daac9e7b/PREPARACION%20DE%20SUPERFICIES%20%202008.pdf>



Simancas, J., & Morcillo, M. (1998). Factores condicionantes de la durabilidad de los sistemas de pinturas anticorrosivas sobre acero en exposiciones atmosféricas. *Revista de Metalurgia*, 34(EXTRA), 132–136. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.1998.v34.iextra.725>

Vincent, L. D. (2001). *Surface Preparation Standards*. NACE International.

Wilckens Marine & Protective Coatings, & Nippon Paint Marine Coatings Co., L. (2003). *SURFACE PREPARATION SURFACE PREPARATION*.

Winston, A. W., Reid, J. B., & Gross, W. H. (1935). Surface Preparation and Painting of Magnesium Alloys. *Industrial and Engineering Chemistry*, 27(11), 1333–1337. <https://doi.org/10.1021/ie50311a024>

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada **Mejoramiento de limpieza de superficies metálicas con herramientas eléctricas o neumáticas (SSPC-SP3) en estructuras metálicas del ingeniero civil Álvaro Jaramillo Durán de la ciudad de Manizales**, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Nombre LAURA ALEGRÍA ZAPATA  
VARGAS  
CC. 1.053.791.031 de Manizales

Firma



Nombre NICOLÁS JARAMILLO  
HOYOS  
CC. 75.098.526 de Manizales