



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ciencias Económicas Administrativas

# **REPORTE FINAL PARA ACREDITAR RESIDENCIA PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

## **LIBERACIÓN DE LÍNEA DE PINTURA (PROCESO APQP)**

Resortes Monticello de México



**Eder Ricardo Sánchez Martínez**

Ing. Tonatzin Guadalupe Basilio  
Asesor Externo

Ing. Alejandro Puga Vargas  
Asesor Interno

01 de junio del 2021

01 de junio del 2021

## INDICE

<b>2. AGRADECIMIENTOS</b>	<b>2</b>
<b>I. RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>II. INDICE</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>7</b>
<b>DESCRIPCION DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O AREA DEL TRABAJO DEL RESIDENTE</b>	<b>8</b>
Enrollado	8
Esmeril	9
Relevado	9
Granallado	9
Vencimiento en frio	9
Heat Set	9
Inspección final	9
Misión	11
Visión	11
Organigrama de la empresa	12
Equipo de medición, limpieza y protección	13
Diagrama de proceso	14
Mapeo de procesos	15
<b>PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZANDOLOS</b>	<b>16</b>
<b>JUSTIFICACION</b>	<b>17</b>
<b>OBJETIVOS (GENERALES Y ESPECIFICOS)</b>	<b>17</b>
General	17
Específicos	18
<b>CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO</b>	<b>18</b>

<b>MARCO TEORICO (FUNDAMENTOS TEORICOS)</b>	<b>18</b>
Antecedentes	18
Método de aplicación	19
Etapa 1 - Planificación	19
Etapa 2 - Diseño y desarrollo del producto	20
Etapa 3 - Diseño y desarrollo del proceso	20
Etapa 4 - Validación el Producto/Proceso	20
Etapa 5 - Cierre y entrada en producción	21
Cinco problemáticas semejantes	21
<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO</b>	<b>25</b>
<i>Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.</i>	<b>25</b>
Diagrama de pescado	26
Alerta de Calidad	27
Modificaciones propuestas después de la etapa uno de pruebas.	28
Preparación de la laca	28
Viscosidad	30
<i>Cronograma de actividades</i>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 5: RESULTADOS</b>	<b>34</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>34</b>
Prueba de sulfato de cobre	34
Prueba de limpieza	35
Prueba de sulfato de cobre y limpieza Monticello	35
Medición del espesor de capa por inducción magnética	37
Resultados de Espesor Etapa 1	38
Análisis de espesor	45
Cámara salina 480 Horas	46
Resultados de Espesor Etapa 2	47
Resultados de Espesor Etapa 3	49
Resultados de Espesor Etapa 4	50
Medición de solidos	55

Modificaciones realizadas _____	57
Resistencia a la corrosión _____	59
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</b> _____	<b>60</b>
<i>CONCLUSIONES DEL PROYECTO</i> _____	<i>60</i>
<b>CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS</b> _____	<b>61</b>
<i>COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS</i> _____	<i>61</i>
<b>CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN</b> _____	<b>62</b>
<i>FUENTES DE INFORMACION</i> _____	<i>62</i>
<b>CAPÍTULO 9: ANEXOS</b> _____	<b>65</b>
<i>ANEXOS (FOTOS)</i> _____	<i>65</i>
Glosario _____	67

## **2. AGRADECIMIENTOS**

Quiero aprovechar este espacio para agradecer a las personas que me han ayudado a lo largo de mi carrera universitaria, a conseguir un logro más en la vida.

Doy gracias a dios por permitirme cerrar una etapa más en mi vida, por llenar a mi familia y a mí de salud. Por no desampararnos mientras vivimos una pandemia.

Agradezco a mi madre Rosa Delia Martínez Ortega que en todo momento estuvo brindándome su apoyo, a mi abuelita María Ortega Espinoza. Por ellas es que me motive a seguir estudiando y lograr concluir mis estudios.

Les doy gracia a mis profesores de la universidad por brindarnos la paciencia, conocimiento, tiempo. Porque sin ellos no hubiera logrado recibirme como Ingeniero Industrial.

Quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a toda la organización Resortes Monticello de México, por darme la oportunidad de ejercer mis prácticas profesionales. En especial al área de calidad a la Ing. Tonatzin, Ing. Gerardo, a las chicas de inspección final y al Ing. Cesar Palomino por brindarme un espacio dentro de esta empresa.

Gracias a Todos.

## **I. RESUMEN**

La empresa Resortes Monticello De México decidió montar una línea de pintura, para esto requirió de gente especializada y con capacidad de brindar asesoría para contar con las instalaciones adecuadas que permitan llevar a cabo el proceso de acabado dentro de su organización.

Esta línea de pintura es capaz de pintar todos los resortes que sean fabricados por las tres líneas de producción que se tienen actualmente y una más que por ahora se encuentra en proceso de montaje.

Se buscó un proveedor de pintura anticorrosiva DORKEN México, la empresa es de origen alemán.

Hasta el momento se han llevado a cabo cuatro etapas de pruebas en busca de la “Liberación de Línea de Pintura (Proceso APQP). Con la ayuda de Peter Muehe (Gerente de ventas de DORKEN COATINGS MEXICO) que ha dado soporte de asesoramiento durante estas etapas. El proveedor es de un alto prestigio, puesto que es quien brinda el certificado de aprobación para que la empresa Monticello pueda hacer uso de su producto. Esto con el fin de evitar que en algún momento se pudiera dañar la imagen del proveedor si llegara a ocurrir algún problema de corrosión en la pieza, es por ello que brindan el asesoramiento para la validación del producto y proceso. Esta validación es la etapa cuatro de la metodología APQP.

El diseño de la línea de pintura es propiedad de la empresa por lo cual este y los parámetros son considerados “Caja negra” y no pueden ser divulgados de ninguna manera ni siquiera con el cliente del producto. Es por ello que para el resiente ha sido una oportunidad el haber participado en el proceso de liberación de la línea.

Para analizar lo que sucedía en el transcurso del proyecto se llevó acabo la metodología del diagrama de pescado, con el propósito de encontrar la causa raíz del porque la adherencia era reducida en el resorte. Los métodos de PERT y CPM ayudan a la determinación de la ruta crítica de las actividades del proyecto. La idea de utilizar ese método es mostrar un proyecto en forma gráfica y así mismo poder relacionar sus componentes en tal forma que permita determinar cuáles actividades son cruciales para la finalización del proyecto.

Se diseñó un formato que permite llevar un registro controlado de cada prueba con sus respectivos parámetros determinados, así como su color de identificación con el que se marcó cada resorte.

## II. INDICE

### ***Lista de Tablas***

Procedimiento de preparación de pintura .....	29
Actividades precedentes y consecuentes “Liberacion de linea de pintura” .....	31
POM .....	31
Informe de resultados - Muestra 1 .....	38
Informe de resultados - Muestra 2 .....	42
Chequeo de pesos del resorte para prueba dos. ....	50
Chequeo de piezas del resorte para prueba tres. ....	51
Chequeo de pesos del resorte para prueba seis .....	52
Chequeo de pesos del resorte para prueba siete. ....	52
Chequeo de pesos del resorte para prueba ocho. ....	53
Chequeo de pesos del resorte para prueba nueve. ....	53

### ***Lista de Figuras***

<b><i>Ilustración 1 Copa de flujo de viscosidad .....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>Ilustración 2 Cronómetro .....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>Ilustración 3 Termómetro .....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>Ilustración 4 Lente de seguridad .....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>Ilustración 5 Guante latex.....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>Ilustración 6 Paño limpiador .....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>Ilustración 7 Solvente (Thinner) .....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>Ilustración 8 Mejora continua .....</i></b>	<b><i>15</i></b>
<b><i>Ilustración 10 Formato de control para las pruebas de pintura .....</i></b>	<b><i>25</i></b>

<b>Ilustración 11 Corrosión roja</b> .....	<b>27</b>
<b>Ilustración 12 Temperatura-Viscosidad</b> .....	<b>30</b>
<b>Ilustración 13 Regla general para capas base</b> .....	<b>30</b>
<b>Ilustración 16 Prueba de sulfato de cobre arriba OK limpio, abajo no OK sucio.</b> .....	<b>34</b>
<b>Ilustración 17 NG</b> .....	<b>35</b>
<b>Ilustración 18 OK</b> .....	<b>35</b>
<b>Ilustración 19 Pieza virgen</b> .....	<b>35</b>
<b>Ilustración 20 Desarrollo de prueba de limpieza</b> .....	<b>36</b>
<b>Ilustración 21 Resultado de prueba</b> .....	<b>36</b>
<b>Ilustración 22 Fischer FMP30 series</b> .....	<b>37</b>
<b>Ilustración 23 Arriba Interior</b> .....	<b>39</b>
<b>Ilustración 24 Arriba exterior</b> .....	<b>39</b>
<b>Ilustración 25 Interior</b> .....	<b>40</b>
<b>Ilustración 26 Exterior</b> .....	<b>40</b>
<b>Ilustración 27 Abajo interior</b> .....	<b>41</b>
<b>Ilustración 28 Abajo exterior</b> .....	<b>41</b>
<b>Ilustración 29 Arriba interior</b> .....	<b>42</b>
<b>Ilustración 30 Arriba exterior</b> .....	<b>42</b>
<b>Ilustración 31 Interior</b> .....	<b>43</b>
<b>Ilustración 32 Exterior</b> .....	<b>43</b>
<b>Ilustración 33 Abajo interior</b> .....	<b>44</b>
<b>Ilustración 34 Abajo exterior</b> .....	<b>44</b>
<b>Ilustración 35 Inside (dentro)</b> .....	<b>45</b>
<b>Ilustración 36 Información general</b> .....	<b>45</b>
<b>Ilustración 37 Prueba en cámara salina</b> .....	<b>46</b>
<b>Ilustración 38 Corrosión</b> .....	<b>46</b>
<b>Ilustración 39 Segunda prueba en cámara salina</b> .....	<b>48</b>
<b>Ilustración 40 Envío de piezas para analizar</b> .....	<b>50</b>
<b>Ilustración 41 Equipo de análisis</b> .....	<b>55</b>

<b><i>Ilustración 42</i></b> <b><i>Probeta plástica</i></b> .....	<b>55</b>
<b><i>Ilustración 43</i></b> <b><i>Platillo desechable</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>Ilustración 44</i></b> <b><i>Prueba 1</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>Ilustración 45</i></b> <b><i>Reubicar lámpara</i></b> .....	<b>57</b>
<b><i>Ilustración 46</i></b> <b><i>Aire acondicionado implementado</i></b> .....	<b>58</b>
<b><i>Ilustración 47</i></b> <b><i>Cámara salina</i></b> .....	<b>59</b>
<b><i>Ilustración 48</i></b> <b><i>Carta de aceptación</i></b> .....	<b>65</b>
<b><i>Ilustración 49</i></b> <b><i>Carta de liberación</i></b> .....	<b>66</b>

## CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

### INTRODUCCION

Los resortes que se fabrican en Monticello son elaborados con estándares de calidad sumamente confiables, con el objetivo de que tengan una vida larga de uso. Cuenta con 25 años de respaldo en México

Para que esto sea posible se generan cálculos matemáticos que permiten visualizar el periodo de vida del producto.

Todo resorte que sale de las líneas de Stabilus requiere un acabado para una mayor protección ante la corrosión roja que pueda afectar el desempeño diario del mismo.

En el siguiente documento se presentan los resultados del proyecto del periodo de Febrero - Junio del presente año en el cual se trabajó en la “Liberación de Línea de Pintura (Proceso APQP) “

Hasta el momento son cuatro etapas en las cuales se tiene un registro que en cada una de ellas se realizaron aproximadamente entre 10-25 pruebas con diferentes parámetros, tiempos. Para ejecutar este proyecto se formó un equipo multidisciplinario el cual está conformado por: Gerente de operaciones, Gerente de producción, Coordinadora de calidad, Ingeniero de proceso y el asesoramiento de Peter Muehe (Gerente de ventas de **DORKEN COATINGS MEXICO**).

La empresa se encuentra ubicada en Av. Mexico No. 201, Parque Industrial San Francisco, 20300 San Francisco de los Romo, Ags. A un costado de la estación de bomberos. Desde hace 25 años resortes Monticello de México ha brindado sus servicios a clientes del sector automotriz, línea blanca y maquinaria. Enfocando sus esfuerzos en el último año a ampliar sus procesos con la instalación de un proceso de pintura para los resortes del cliente Stabilus dedicado a la fabricación de amortiguadores automotrices.

La empresa comenzó con clientes automotrices de línea blanda y OMS, para posteriormente montar las líneas de Stabilus que solo tienen cinco años. Actualmente se encuentra en proceso una línea más.

## **DESCRIPCION DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O AREA DEL TRABAJO DEL RESIDENTE**

Es una empresa de origen americano (USA) se fundó en 1970, la segunda planta se encuentra en el parque industrial San Francisco de los Romo, AGS. Dedicada a la elaboración de resortes de Compresión (cilíndricos, cónicos, barril, reloj de arena), Extensión, Torsión (sencillo, doble torsión y formas de alambre).

Tiene además las líneas de "Stabilus", los resortes más grandes que se fabrican y cuentan con diferentes tipos de especificaciones como son: OD min, OD nominal, OD Max, numero de espiras, largo libre, cargas, tipo de acabado, etc. Se tienen áreas de trabajo, las cuales comienzan con: enrollado, esmeril, relevado de esfuerzos, granallado (fatiga), vencimiento en frio, inspección, luego se mandan a proveedor para que realice el acabado (Delta), inspección de servicio externo y posteriormente llegan a Monticello para realizar las últimas operaciones, las cuales son: vencimiento a temperatura (Heat Set), inspección final, empaque especial según sea el caso. En el área de inspección final se toman 5 muestras por cada rollo y se verifican las especificaciones del producto. Esto se realiza para que el producto pueda ser liberado o en caso contrario mandarlo al área de cuarentena donde se dictamina que disposición se le dará al material, puede ser que se re trabaje, inspección 100% o en casos más drásticos se manda directamente al SCRAP. Cabe mencionar que no solamente los productos terminados van al área de cuarentena, sino también los rollos de alambre que lleguen maltratados o con alguna anomalía entran en esta área hasta que los expertos evalúan si se puede trabajar la materia prima. Si el rollo es aceptado para poder trabajarlo, se le coloca un punto amarillo a la etiqueta de identificación del rollo y se notifica a los miembros involucrados de la liberación del alambre.

### **Enrollado**

Comienza partiendo de una materia prima que viene en bobinas de alambre de acero, en el diámetro especificado de acuerdo con la referencia que se requiere fabricar, esta materia prima ya tiene la dureza y propiedades mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a los cuales va a ser sometido el resorte en condiciones de funcionamiento.

### **Esmeril**

Se realiza la operación en ambas terminales del resorte, con una especificación ya determinada. Se debe verificar que el esmerilado sea el adecuado en ambas terminales para que pueda avanzar a la siguiente operación.

### **Relevado**

En esta operación el acero reforma su disposición interna, elimina las tensiones y obtiene su elasticidad clave para convertirse en un resorte. Aquí debe desaparecer cualquier posibilidad de puntos de quiebres dentro de la longitud del resorte.

### **Granallado**

Este proceso es muy eficaz para eliminar los residuos firmemente adheridos, como escamas de óxido o la herrumbre, así como cualquier rebaba que pudiera llegar a tener. Incluso el resorte logra hacerse más fuerte.

### **Vencimiento en frío**

En esta operación el resorte se comprime y se coloca en un contenedor, con la hoja de ayuda del “Estándar Pack”.

Para después ser enviada a la empresa que realiza la operación de acabado (pintura) de la pieza.

### **Heat Set**

Se comprimen los resortes y se meten a un horneado para finalizar el proceso del resorte.

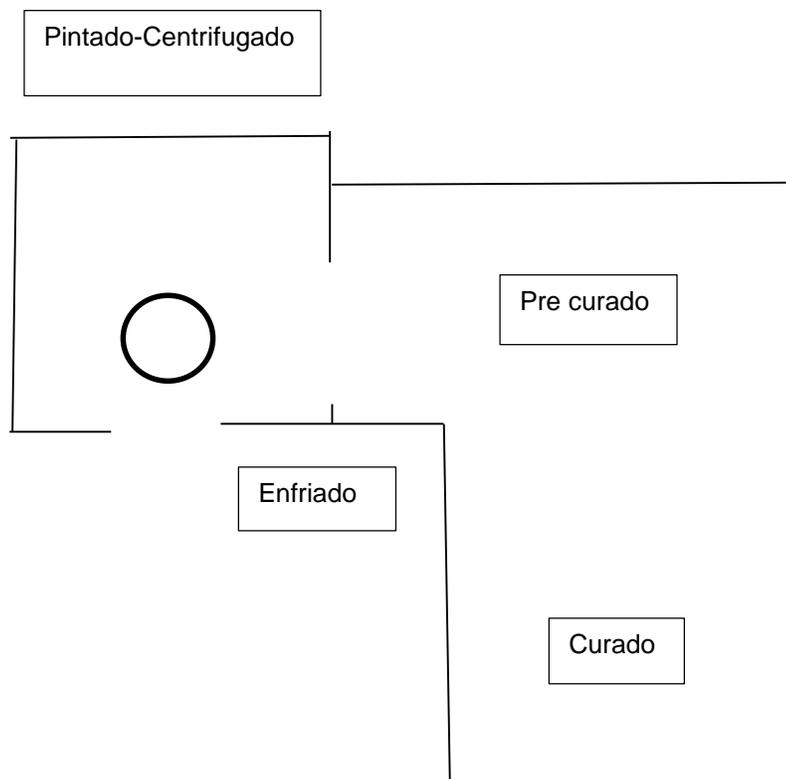
### **Inspección final**

Se toman 5 muestras para verificar las especificaciones que se tienen en la hoja de chequeo de “inspección final”. Si el material es OK se libera, en caso contrario se rechaza y queda a disposición del área de calidad.

Actualmente la empresa envía sus piezas con otra organización para que realicen el proceso de pintura puesto que no se tenía la maquinaria para realizar esta operación.

Afortunadamente hoy en día la empresa se encuentra equipada para realizar el proceso de pintura en sus instalaciones Resortes Monticello de México, se llevaron a cabo pruebas de pintura y con ello se generó una capacitación para todos los involucrados en dicho proyecto “Liberación de Línea de Pintura (Proceso APQP)” incluyendo al residente Eder Ricardo Sánchez Martínez quien apoyo en la toma de tiempos, chequeo de temperatura de pintura, viscosidad de pintura, temperatura de cabina, realización de formato de control para las pruebas, dibujo de Rack con placas para analizar si los resortes tienen un espesor homólogo.

La empresa se encuentra en espera de la validación de muestras PPAP's y a su vez de una retroalimentación por parte del proveedor de pintura, el cual asesora a la empresa para el manejo de su producto (pintura). Después de esto se generarán acciones correctivas y de mejora continua para garantizar un producto de calidad para el cliente.



Antes de comenzar el proceso se debe checar la viscosidad de la pintura y la temperatura, si se encuentra dentro de las especificaciones establecida por la empresa el proceso de pintura comienza. En ese momento el rack ya debe estar abastecido con

los resortes. Una vez que está listo puede avanzar para posicionarse sobre la tina donde posteriormente se sumergen en la pintura, después de esta operación comienza el proceso de centrifugado, eso se hace a una velocidad programada para que los resortes puedan cubrirse por completo de pintura y eliminar el exceso de pintura. Es entonces cuando el rack avanza hacia los hornos de pre curado en el que permanece un tiempo determinado para después continuar hacia el horno de curado en el cual también se queda cierto tiempo, para finalizar se dirige hacia la línea de salida donde comienza el proceso de secado a temperatura ambiente.

Se tiene que esperar un tiempo para que la temperatura de los resortes y del rack disminuya y puedan retirarse sin sufrir alguna quemadura o algún percance en el personal que opera o el producto pintado.

Para abastecer el rack de resortes y para retirarlos se realiza con guantes de látex para evitar cualquier contaminación que pueda dañar el resultado en el producto.

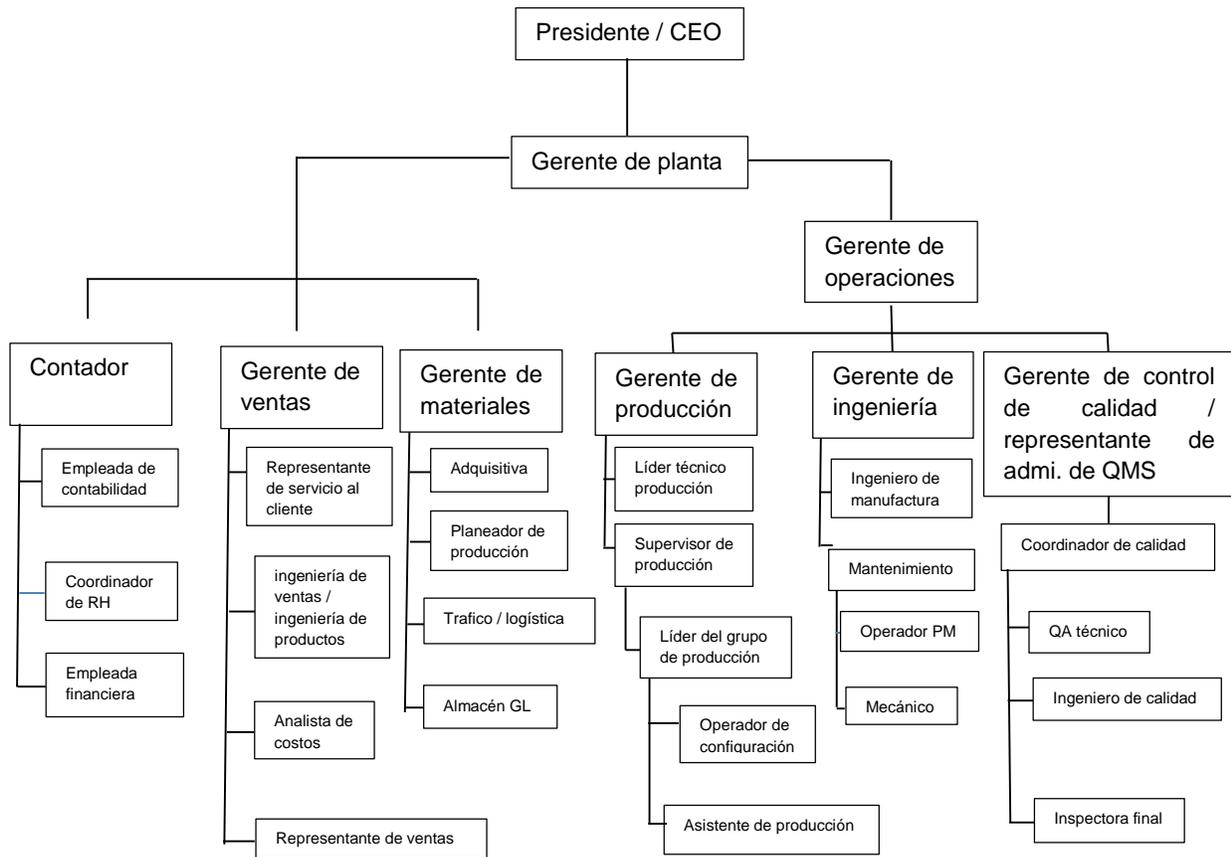
### **Misión**

Satisfacer al cliente con EXCELENTE SERVICIO y RESORTES DE CALIDAD, EN TIEMPO.

### **Visión**

Lograr obtener la aprobación de cliente en 2021 para iniciar el procesamiento de pintura en las instalaciones de Remosa y así disminuir la cantidad de material que se procesa con un proveedor externo.

## Organigrama de la empresa



**Equipo de medición, limpieza y protección**



*Ilustración 1 Copa de flujo de viscosidad*



*Ilustración 2 Cronómetro*



*Ilustración 3 Termómetro*



*Ilustración 4 Lente de seguridad*



*Ilustración 5 Guante latex*

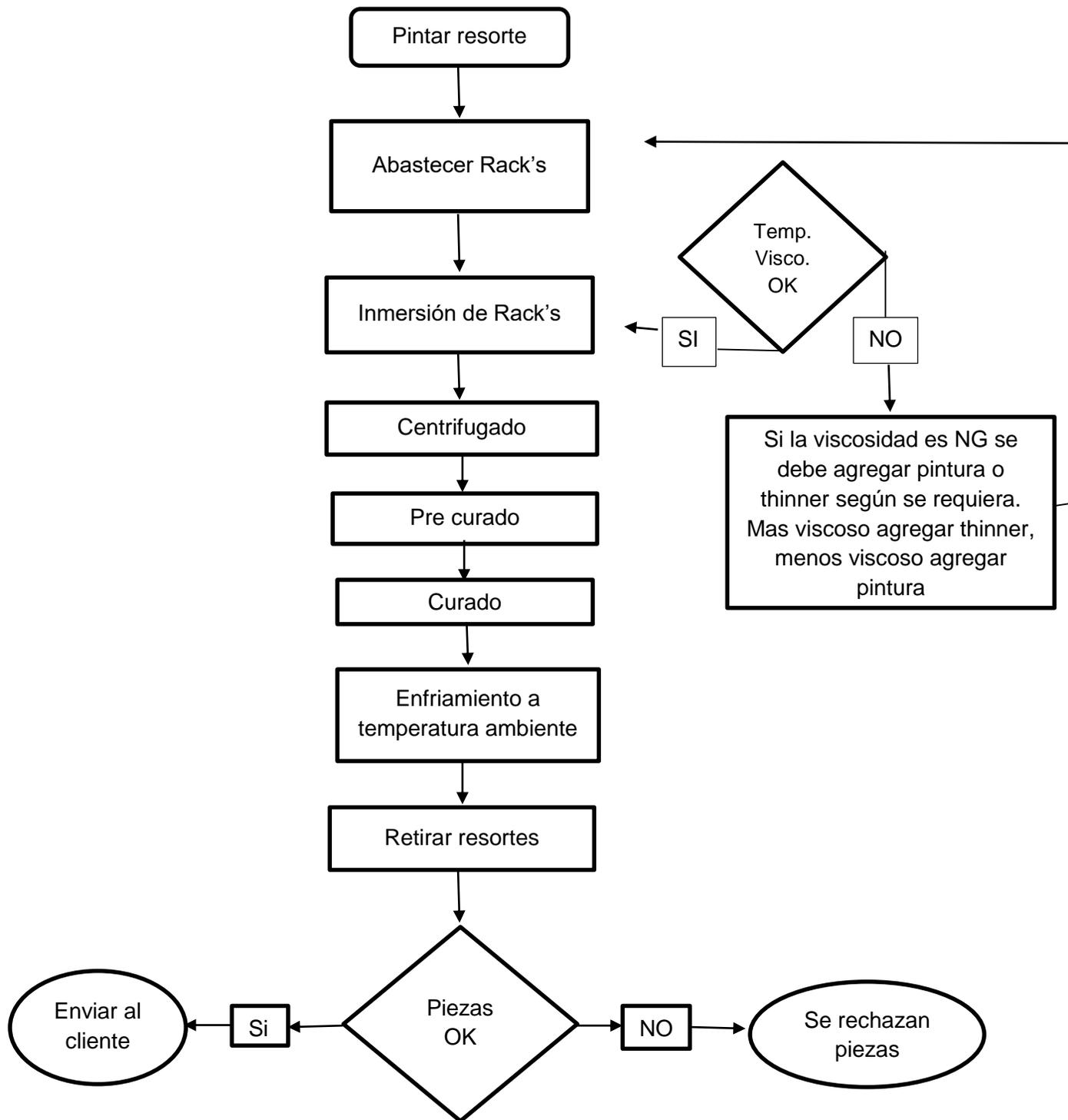


*Ilustración 6 Paño limpiador*



*Ilustración 7 Solvente (Thinner)*

Diagrama de proceso



## Mapeo de procesos

¿Para que sirve?

- . Ayuda a estandarizar un proceso
- . Enfocar relaciones entre unidades de trabajo
- . Comprensión visual del proceso
- . Panorama de todas las tareas del proceso

Beneficios

Control

Desempeño

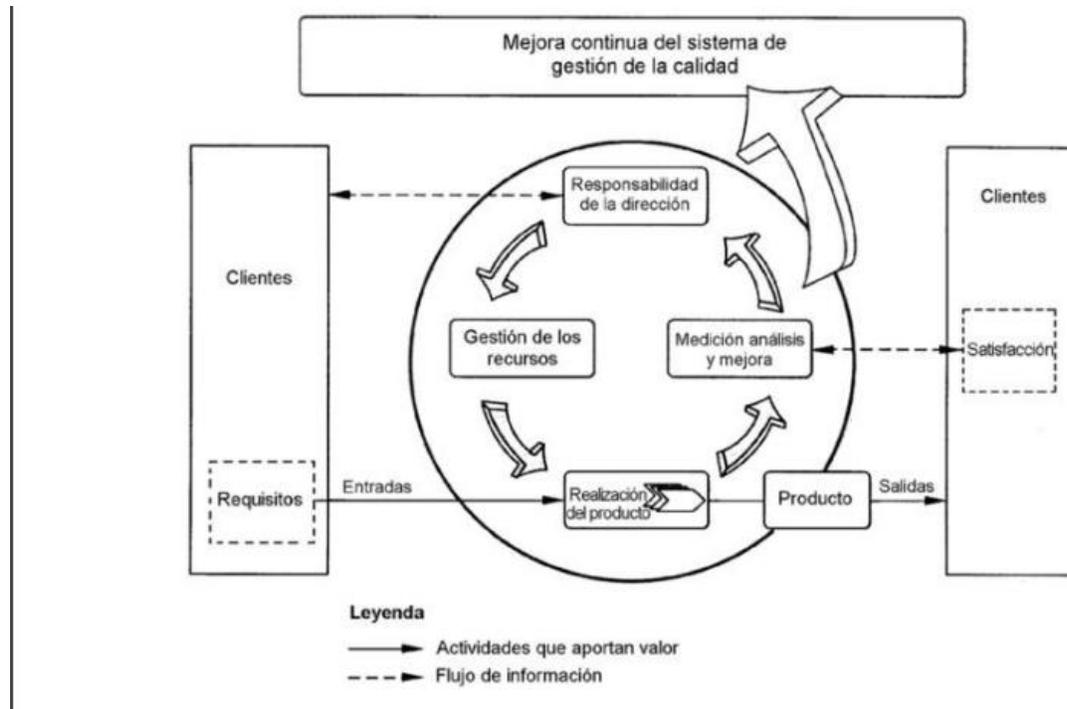
Rentabilidad



Riesgo

Costo

Error



*Ilustración 8 Mejora continua*

## **PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZANDOLOS**

Los resortes se utilizan comúnmente en todas las industrias, desde las textiles, agrícolas, automotrices, construcción, electrodoméstica, etc. Cada día demanda productos de mayor calidad, con una vida útil más larga y confiable.

Este es el caso de la empresa Resortes Monticello de México que ahora cuenta con una línea de pintura la cual se encuentra en proceso de liberación mediante el cual ha optado por adaptar un método denominado (Advanced Product Quality Planning/ Planeación Avanzada de la Calidad del Producto) APQP para mantener un control en sus procesos a la hora de realizar esta operación y garantizar la calidad del producto.

Se trabajó para que el resorte quede totalmente pintado, sin ausencia de pintura en alguna parte de la pieza sin burbujas, grumos. Todo lo anterior es con el objetivo de que el resorte tenga el espesor adecuado para su vida útil.

Básicamente se desea realizar esta operación a la primera, quiere decir que el proceso sea eficiente para lograr que la productividad sea favorable o que se consiga el máximo de resultados con un mínimo de insumos o de recursos. De ahí se desencadena la eficacia que se puede definir como el grado de satisfacción que genera un servicio o un producto teniendo en cuenta las expectativas que se tienen de este.

La empresa busca realizar el proceso completo de sus componentes dentro de sus instalaciones, mejorando así su rentabilidad, tiempos de entrega y calidad.

## **JUSTIFICACION**

La necesidad del proyecto surge de la implementación del nuevo proceso de pintura, su correcto desarrollo y liberación, es de vital importancia para la empresa contar con la capacidad de poder llevar a cabo este proceso dentro de sus instalaciones puesto que es mucho negocio el mandar realizar esta operación con otra organización. El proveedor ya no tiene capacidad y de hecho hace dos años se aprobó un segundo proveedor de acabado “delta” es por ello que la empresa necesita contar con su línea propia.

Se trata de que cuando la empresa envía sus piezas al proveedor para ser pintadas en algunas ocasiones estas regresan con desprendimiento de pintura, obligando a que se tenga que hacer selección de las mismas (separación de piezas OK y NG). Este problema no solo genera pérdida de tiempo sino también un aumento de costos.

La empresa decidió montar una línea de pintura la cual es capaz de acaparar la producción de los resortes que tengan que ser pintados en tiempo y forma.

Se pretende tener un aumento en la rentabilidad de la empresa, y un mayor control sobre sus piezas con acabado.

El residente tiene la oportunidad de interactuar con personal capacitado en el área de pintura, así mismo generar conocimiento sobre los parámetros a tomar en cuenta para que el proceso tenga un flujo controlado y por consiguiente tener resortes con espesor homologado, garantizando así un proceso y resortes de calidad.

## **OBJETIVOS (GENERALES Y ESPECIFICOS)**

### **General**

Realizar un proceso de Planeación Avanzada de la calidad del producto para el desarrollo del nuevo proceso de pintura, enfocado en el análisis de riesgo (PFMEA). Acciones correctivas y mejora continua que garantice la Liberación PPAP (Production Part Approval Process / Proceso de aprobación de piezas de producción).

### **Específicos**

- Elaborar una tabla de recopilación de datos donde muestren; parámetros de proceso, parámetros de producto, parámetros generales, temperatura de hornos, etc.
- Analizar los tiempos de operación en cada área de trabajo que se tiene dentro del proceso.
- Proponer mejoras en el diseño del rack.
- Analizar pruebas del laboratorio relacionadas a cámara salina.
- Elaborar formato de control para las pruebas de pintura.
- Elaborar formato de alertas de calidad para dar a conocer el detalle sobre un incumplimiento en las características del producto.
- Definir la causa raíz de problemas que se presenten durante el proceso, con la ayuda del diagrama de pescado.

Delimitación: Este proyecto se limita al proceso de pintura y Planeación Avanzada de la calidad del producto para su liberación. .

## ***CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO***

### **MARCO TEORICO (FUNDAMENTOS TEORICOS)**

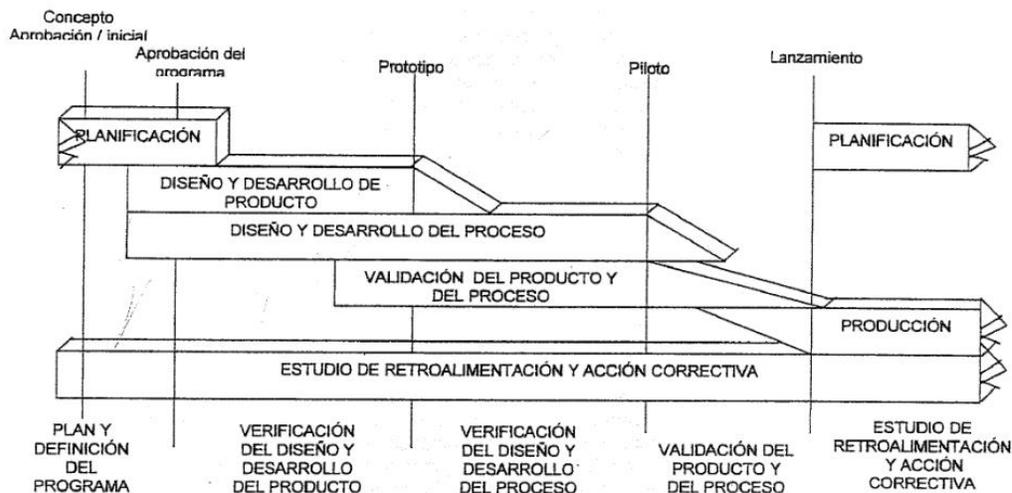
#### **Antecedentes**

APQP ha existido durante décadas en muchas formas y prácticas. Originalmente conocido como Advanced Quality Planning (AQP), APQP es utilizado por compañías progresivas para garantizar la calidad y el rendimiento a través de la planificación. Ford Motor Company publicó el primer manual de Planificación de calidad avanzada para proveedores a principios de la década de 1980. APQP ayudó a los proveedores de Ford

a desarrollar controles de prevención y detección apropiados para nuevos productos que respalden el esfuerzo de calidad corporativo.

Con las lecciones aprendidas de Ford AQP, los OEM automotrices de América del Norte crearon colectivamente el proceso APQP en 1994 y luego lo actualizaron en 2008. APQP tiene la intención de agregar las actividades de planificación comunes que todos los OEM automotrices requieren en un solo proceso. Los proveedores utilizan APQP para llevar nuevos productos y procesos a una validación exitosa e impulsar la mejora continua.

### **Método de aplicación**



*Ilustración 9 Diagrama de Planeación Avanzada de la Calidad del Producto APQP (Chrysler et al., 2008)*

### **Etapa 1 - Planificación**

La etapa de planificación tiene como entradas los requisitos legales y de negociación establecidos por las empresas. Entre ellos se encuentra el plan de negocios, las características de productos y procesos, así como los requisitos del cliente.

La planificación tiene como salida un cronograma definido para el desarrollo del proyecto, un plan de aseguramiento de la calidad del producto, así como objetivos claros en cuanto a calidad, tiempo, costo y alcance (diseño, producto, proceso, documentación asociada) para el producto y el proyecto. Para asegurar el cumplimiento de la planificación definida, es necesario un apoyo continuo de la gerencia de las empresas, mediante reuniones y seguimiento continuo del proyecto (Chrysler et al., 2008)

### **Etapa 2 - Diseño y desarrollo del producto**

El diseño del producto es la etapa del proceso de DNP donde se desarrolla el concepto definitivo de este para salir al mercado. Este proceso no suele llevarse a cabo en países con pocas capacidades de I+D (Investigación y Desarrollo de nuevos productos, en este caso, modelos de motocicletas), sino que los diseños de los productos son enviados de la casa matriz y los proveedores locales se encargan de adecuar la información recibida en forma de planos y datos 3D, a sus procesos de diseño de procesos y fabricación de partes (Sanongpong, 2009b).

Las entradas de la etapa de diseño son los resultados de la planeación, así como los requerimientos técnicos definidos por el cliente para el producto como resultado final del proyecto. Con el diseño del producto, se obtiene una mayor definición en las características y especificaciones técnicas de manufactura del producto, las cuales sirven como entrada a la siguiente etapa del proyecto (Chrysler et al., 2008).

### **Etapa 3 - Diseño y desarrollo del proceso**

Esta fase del DNP, también conocida como industrialización, corresponde al diseño y desarrollo del proceso en la planta de producción de la parte. Es la etapa más importante en el desarrollo de los productos en los países donde no se realiza el proceso de I+D de los vehículos (Sanongpong, 2009b).

La etapa de diseño y desarrollo del proceso toma del diseño definitivo del producto, especificaciones técnicas y funcionales para desarrollar un conjunto de procesos que sean capaces de fabricar el producto con las características definidas junto con el cliente. Esta se caracteriza por llevar a cabo las inversiones y transformaciones requeridas en la planta del proveedor para fabricar el producto. Las salidas de la etapa son un conjunto de procesos de fabricación, documentos y especificaciones de calidad que permiten asegurar la producción cumpliendo los requisitos negociados (Chrysler et al., 2008).

### **Etapa 4 - Validación el Producto/Proceso**

La etapa de validación de producto/proceso se realiza mediante la realización de una serie de corridas significativas de producción, en las cuales se evalúa que los objetivos

de calidad, tiempo y costo sean alcanzados para el producto final, y que este satisfice todos los requerimientos definidos por el cliente.

En la etapa de validación se verifica lo diseñado frente a lo obtenido, generándose una la documentación de evaluación de las características requeridas por el cliente, tales como pruebas de carretera, pruebas de laboratorio, ensayos de producción y análisis del empaque. El resultado final de la etapa es una aprobación definitiva del producto y el proceso que le permite al proveedor arrancar su operación y entrega del producto (Chrysler et al., 2008).

#### **Etapa 5 - Cierre y entrada en producción**

Al final de la etapa de validación y aprobación del producto y el proceso, viene la etapa de cierre del proyecto y entrada en producción, donde se evalúan los aspectos relevantes de la operación del producto final y se someten a procesos de mejora en cuanto a los indicadores de calidad, tiempo de entrega y costo. Los participantes en el proyecto evalúan los aspectos positivos, así como de mejorar en la ejecución del plan. Se realizan registros de lecciones aprendidas y buenas prácticas aplicables a proyectos futuros (Chrysler et al., 2008).

#### **Ocho problemáticas semejantes**

APA 7th - Mora Serrano, J. L. (2021) El APQP como una herramienta de mejora para las empresas del sector automotriz. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8377>

Una de las herramientas más usadas dentro del sector es el APQP (Advanced Product Quality Planning), esta es una metodología que tiene como objetivo desarrollar productos que satisfagan las necesidades del cliente, ya sea con un nuevo producto o con uno ya existente dentro de la organización. El objetivo de este estudio es determinar, mediante una revisión de la literatura, las principales características y elementos del APQP, el impacto que genera su implementación además de las ventajas, desventajas y dificultades que se pueden llegar a presentar al momento de poner en marcha la metodología.

Quezada Acosta, María Cecilia. (2018-06-21). Introducción de un nuevo producto por medio de la metodología APQP en el área de filtros especiales. 2021, de Productos de creación artística, tecnológica, humanidades e investigación científica Sitio web: <http://cathi.uacj.mx/20.500.11961/5977>. Se analizan las características de los filtros y se identifica el tipo de filtro a fabricar y a un lote de 300 piezas se aplica la metodología APQP. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que durante el proceso de fabricación se logró realizar seguimiento-evaluación a las pruebas pilotos para garantizar que las muestras pasaron las pruebas eléctricas y éstas cumplían con las especificaciones mecánicas que permitieron generar hallazgos en el proceso de prueba y subsanar fallas antes de colocar el producto final en el mercado. Se concluye que el método APQP sirve de base para asegurar la calidad del producto.

Monterrubio Noria, Edgar. (2014-08). Aplicación de la fase III del APQP en la elaboración de envases plásticos para aceite automotriz. 2021, de Tesis de Licenciatura Sitio web: <http://ri.uaemex.mx/handle/123456789/30069>. Se efectuó un análisis del funcionamiento de los procesos en una empresa dedicada a la fabricación de envases plásticos para la industria automotriz, sin embargo se percibe que existen muchos rechazos de los clientes, porque no cumplen con las especificaciones del producto. Se propuso y se llevó a cabo la aplicación de la fase III del APQP "Diseño y desarrollo del proceso" para el mejoramiento de cada uno de los puntos de esta fase. La metodología consistió en la utilización del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) y dividir a este en 8 pasos o actividades para la solución del problema. Se apoyó de consultas y análisis de normas aplicables al presente tema como son la ISO 9001:2008, ISO/TS 16949:2009, y los manuales emitidos por la AIAG, APQP, PPAP, AMEF. Y para tal efecto se documentó el estado actual en que se encuentra la empresa de acuerdo a los puntos de la fase III del APQP como se menciona en el capítulo III y se realizó nuevos cambios, que permitieron la mejora del proceso como: Ahorro de tiempo, ajustando un nuevo diagrama de flujo de proceso. Mejor distribución, mayor espacio de disponibilidad y fácil identificación del producto o materia prima cambiando un Lay Out nuevo.

Sebastián Gutiérrez Restrepo. (2020). MÉTODO DE APLICACIÓN DE LA PLANEACIÓN AVANZADA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO (APQP) EN LAS ENSAMBLADORAS Y PROVEEDORES DEL PROGRAMA DE GESTIÓN DEL SECTOR MOTOCICLETAS EN LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS. 2021, de Tesis profesional Sitio web: <https://core.ac.uk/download/pdf/47242225.pdf>. Se pretende establecer un proceso de ejecución de los proyectos de desarrollo de nuevos productos (DNP) más robusto, que le permita a las empresas crecer al ritmo de la demanda de motos. El procedimiento actual se basa en la gestión de proyectos a través de un procedimiento reconocido en el sector, como el APQP (Planeación Avanzada de la Calidad del Producto), basado en la implementación de una serie de herramientas clave de gestión para el DNP.

Quiroz Juárez, Catalina del Rosario. (2019). Estudio de implementación del planeamiento avanzado de la calidad en parabrisas del sector automotriz. 2021, de Universidad Nacional de Ingeniería (Perú) Sitio web: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2348845>. Se muestra la implicancia de esta implementación sobre los costos, mostrándonos el beneficio de su aplicación. A través del informe se mostrará el involucramiento que se requiere desde el proveedor hasta el cliente, pasando por los departamentos de ingeniería, mercadotecnia, diseño, finanzas, planeación, control, producción y logística, etc produciendo un trabajo en equipo multidisciplinario con la capacidad, conocimiento y habilidades adecuadas en el tema automotriz. APQP busca conocer mejor el proceso del producto para así desarrollar productos que satisfagan al cliente. Esto beneficia tanto para el cliente como para la empresa, ya que se tendrán mejores resultados, mayor producción y por lo tanto más ganancias.

Ramirez Arevalo, Angie Vanessa. (2017). Análisis de un diagrama de causas y efectos que ocasiona la demora de insumos importados en la empresa PALMAPLAST S.A. 2021, de Examen Complexivo Comercio Internacional Sitio web: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11275>. En la actualidad la gestión de calidad ha sido implementada en las empresas ya que es de vital importancia a nivel empresarial. En esta investigación se realizó un diagrama de causas y efectos de lo que

ocasiona la demora de insumos importados por la empresa Palmaplast S.A. con el objetivo de obtener información precisa, detallada para la interpretación, del origen de las causas o problemas dentro de la empresa. Para detectar el problema dentro de la empresa se realizó una encuesta, en la cual se constató de manera precisa el problema central. El diagrama de causas y efectos está incluido dentro de las 7 herramientas básicas de la calidad siendo la más utilizada por su facilidad de diseño gráfico y desarrollo, ya que brinda los mejores resultados en el análisis de solución en los problemas, explicando y analizando las causas y efectos.

Palabras clave: ANÁLISIS, DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS, INSUMOS, IMPORTACIÓN, GESTIÓN DE CALIDAD.

Estrella, Jaime. (2020-05-18). Cápsula: La Técnica de "Las 5 Ws" | Metodología de Investigación Científica. 2021, de Ciencia e Investigación Sitio web: <https://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/10335>. Encuentras una cápsula informativa sobre la Técnica de "Las 5 Ws", que se emplea en Metodología de Investigación Científica, para formular el problema a estudiar (afín a tu tema o la pregunta de investigación). El éxito de tu proyecto de investigación, o de tu tesis de grado, depende de un problema bien definido y caracterizado.

DanTrietscha, Kenneth R.Bakerb. (Mayo de 2012). Adaptación de PERT / CPM para su uso en el siglo XXI. 2021, de Facultad de Ingeniería, Universidad Americana de Armenia, Ereván, Armenia Sitio web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026378631100127X>. Más de medio siglo después del debut de CPM y PERT, todavía carecemos de un sistema de programación de proyectos con distribuciones calibradas y validadas y que no requieran aportaciones complejas del usuario. Los sistemas de soporte de decisiones (DSS) modernos para la gestión de proyectos son más sofisticados y completos que PERT / CPM. Sin embargo, en términos de análisis estocástico, muestran un avance insuficiente. PERT 21 ofrece un análisis estocástico radicalmente diferente para proyectos, basado en una teoría relevante y validada. Operacionalmente, es sofisticado pero fácil de usar. Está diseñado para mejorar los DSS existentes y, por lo tanto, se puede implementar sin sacrificar la inversión ya realizada en los sistemas de gestión de proyectos. Finalmente,

con respecto a los importantes modelos de secuenciación y colapso desarrollados bajo CPM, PERT 21 permite su adaptación a la realidad estocástica.

#### CAPÍTULO 4: DESARROLLO

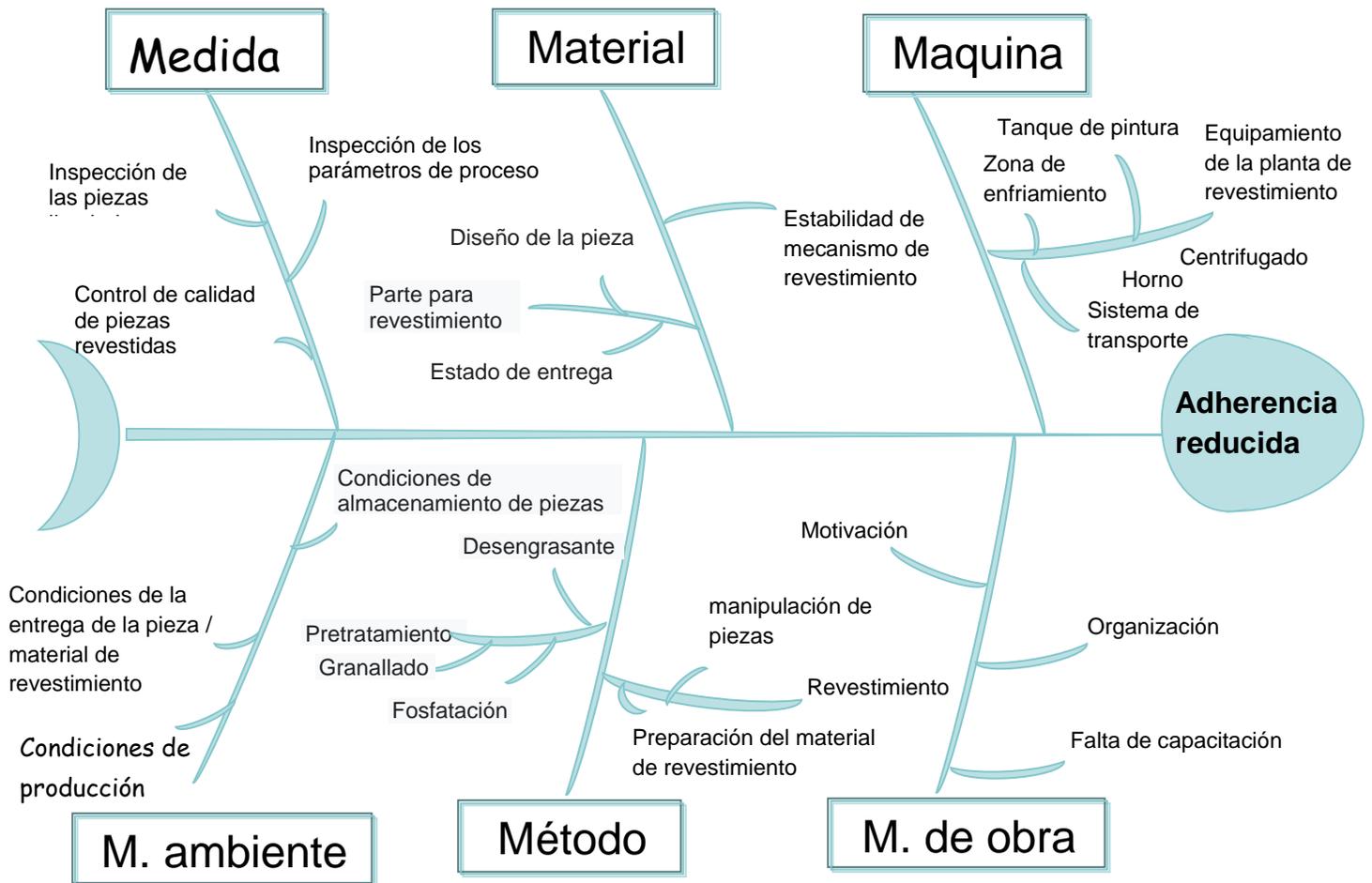
##### Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

1	Prueba Off TOOL	
2		
3	Fecha: _____	
4	Hora: _____	
5		
6	Pintura	
7	tiempo de inmersión	
8	Velocidad de RPM	
9	Tiempo de centrifugado	
10	Velocidad de centrifugado	
11	Precurado	
12	Tiempo	
13	Temperatura	
14	Curado	
15	Tiempo	
16	Temperatura	
17	<b>Enfriamiento a temperatura ambiente</b>	
18	Tiempo	
19		
20	<b>Párametros de producto</b>	
21	Viscosidad	
22	Sólido	
23	Espesor de temperatura	
24	Temperatura de pintura	
25	Puntos de contacto	
26	Prueba de adherencia	

*Ilustración 10 Formato de control para las pruebas de pintura*

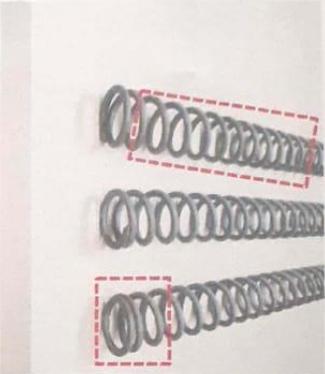
El formato de la ilustración anterior se utilizó para llevar un control de cada prueba que se realizó, se colocaban los parámetros e incluso el color de identificación con el que fueron marcados los resortes.

**Diagrama de pescado**





# Alerta de Calidad

<b>CONDICION NG</b>					
					
Pos.2 240 hours <b>El resorte presenta corrosion roja antes de las 480 horas.</b>					
<b>CONDICION OK</b>					
					
70	Prov. Externo	Aplicar Acabado 2X Delta Protect PL-120 Resistencia de 480hrs en Camara salina sin corrosion roja Espesor de 10 - 25 micras			
Pasa las 480 horas en camara salina sin corrosion roja.					
No. de parte Remosa	P01125A	No. de parte cliente/ Cliente.	076743 / Stabilus	TIPO DE ALERTA	Foto para marca de Compra (Garantía)
¿Qué? Resorte oxidado					
¿Quién? Tonatzin B					
¿Cuándo? 04/01/2021					
¿En donde? Dorfen, prueba de camara salina.					
¿Por qué? El espesor no es uniforme arriba y abajo del resorte, lo que provoco que ocurriera corrosion roja antes de cumplir las 480 horas en prueba de camara salina.					
<b>Acción inmediata de contención (Considerar acción horizontal)</b>					
<b>Responsable de implementación</b>					
Calidad	Tonatzin Basilio		Producción		
Emisor	Área	Fecha de inicio	Fecha de Termino	Área de reclamo	Otros involucrados
Tonatzin B	Calidad	1 de abril de 2021			
					No de Control

## Alerta de Calidad

Ilustración 11 Corrosión roja

La alerta de calidad técnica 5W (What, Who, When, Where, Why) se realiza cuando se tiene un rechazo ya sea externo, interno o informativo y sirve para dar a conocer el detalle sobre un incumpliendo en las características del producto. En este caso la alerta es únicamente informativa donde se pretende informar a los involucrados en el proyecto lo que sucedió después de la primera etapa de pruebas, para buscar la causa raíz. Después se emplea la metodología de solución de problemas 5Whys buscando generar un plan de reacción para mejorar la condición de las piezas y por ende poder liberar el proceso de pintura.

### **Modificaciones propuestas después de la etapa uno de pruebas.**

- Se detectó que la nave carecía de una rejilla con canaleta de almacenamiento en dado caso de que ocurra un derrame de pintura y así evitar que se propague por la cabina debido a la presión que existe en la manguera por la cantidad de pintura que circula por la misma.

- El aire acondicionado no tiene el funcionamiento adecuado puesto que toma aire interno (nave Monticello), cuando debería ser del exterior (temperatura ambiente). Además, el polvo de la granilla que se utiliza en las líneas que se encuentran cerca del área de pintura afecta al aire acondicionado, generando suciedad en ellos y obligando a sopletear por lo menos 1 vez a la semana.

Este problema ocasiono que no se pudiera tener un control riguroso sobre la temperatura de la cabina donde se encuentra la tina de pintura, afectando la temperatura y viscosidad. Es por ello que se optó por reubicar el aire acondicionado y colocarlo en la pared de la nave principal (Monticello) para un óptimo desempeño.

### **Preparación de la laca**

Todos los materiales de recubrimiento deben prepararse antes de su uso. Antes de utilizar el material, asegúrese de que ha alcanzado la temperatura ambiente. De lo contrario, existe el riesgo de que entre condensación (humedad) a la laca. Las partículas

más pesadas se depositan en el fondo del contenedor durante el transporte y el almacenamiento. Por ello se debe homogeneizar el contenido antes de su uso posterior.

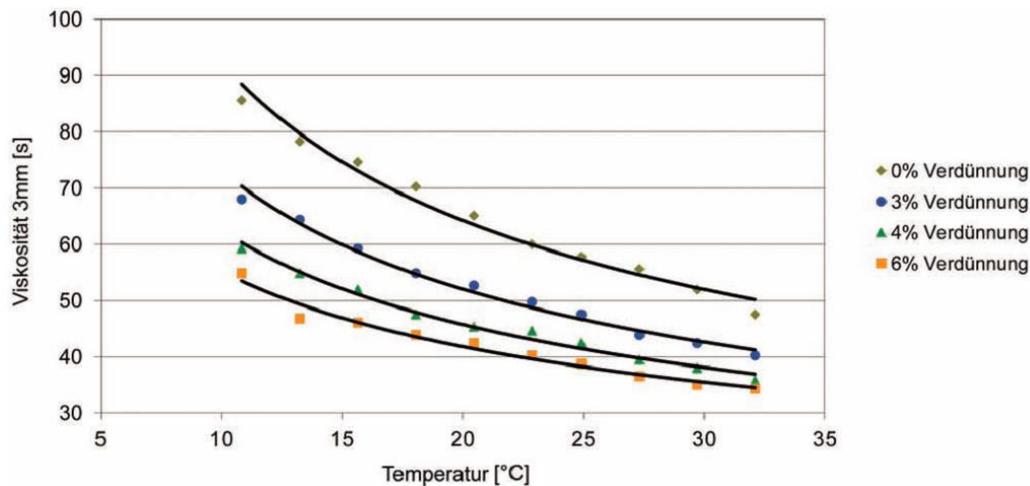
#### Procedimiento de preparación de pintura

<p>El agitador se ajusta al producto correspondiente. Normalmente se usa una mezcladora con un disco mezclador. La velocidad de rotación debe ser lo suficiente baja como para que no se forme ningún remolino a través del cual se aspire aire hacia el material, ya que el aire siempre aporta una cierta cantidad de humedad al material. Para evitar la carga electrostática, se debe conectar todos los recipientes agitadores a tierra.</p>	
<p>En el caso de las capas base que contienen disolvente, se revuelven dentro del contenedor de entrega con un disco de disolución (ver imagen). Para esto se mezcla la laca por unos 10–20 minutos, hasta que esté completamente homogeneizado. Se puede comprobar si el producto está correctamente mezclado con un palo limpio, al que no se deben adherir residuos al revolver el contenido. Las emisiones de disolventes deben eliminarse del aire interior por razones de seguridad.</p>	

## Viscosidad

La viscosidad es la medida del comportamiento de flujo de una laca y depende, entre otras cosas, de la temperatura y del contenido de sólidos.

Se ajusta la viscosidad por medio de diluyentes adecuados. Existe una relación entre la adición de dilución y la viscosidad, ya que el contenido de sólidos se reduce durante la dilución.



### *Ilustración 12 Temperatura-Viscosidad*

Relación de la viscosidad con la temperatura y la adición de diluyentes en una capa base.

Ejemplo de capa base con disolvente:

Del diagrama de viscosidad se desprende que una adición de aproximadamente un 6 % de disolvente reduce la viscosidad de 60 s a 40 s.

La viscosidad se debe controlar regularmente y dado el caso se debe agregar disolvente o laca frasca (para reponer el sólido consumido). Para el rellenado es imprescindible tener en cuenta la temperatura.

**Por cada de 1 °C que aumenta la temperatura se reduce la viscosidad en 1 s.**



*Ilustración 13 Regla general para capas base*

Actividades precedentes y consecuentes "Liberacion de linea de pintura"

	Actividad	Procedente	Tiempo (seg)
Abastecimiento de Rack's	A	-----	60
Inmersion	B	A	10
Centrifugado	C	B	10
Pr curado	D	C	480
Curado	E	D	1980
Enfriamiento	F	E	300
Retirar resortes	G	F	60

En las tablas se muestran las actividades que tiene el proceso, las procedentes y el tiempo que se lleva cada operación.

POM

	Time						
A	60						
B	10	A					
C	10	B					
D	480	C					
E	1980	D					
F	300	E					
G	60	F					

LIBERACION DE LINEA DE PINTURA  
Precedence Graph

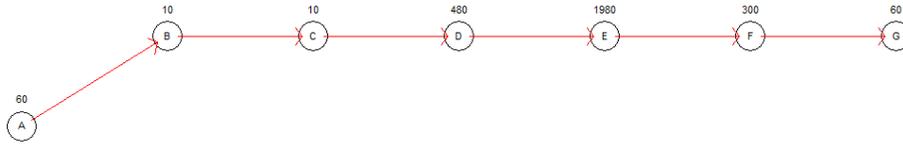


Ilustración 14 Ruta critica

En la imagen anterior se pueden observar las operaciones de trabajo por las cuales tiene que pasar el resorte para concluir su proceso de acabado.

LIBERACION DE LINEA DE PINTURA  
Gantt chart (Early and Late times)

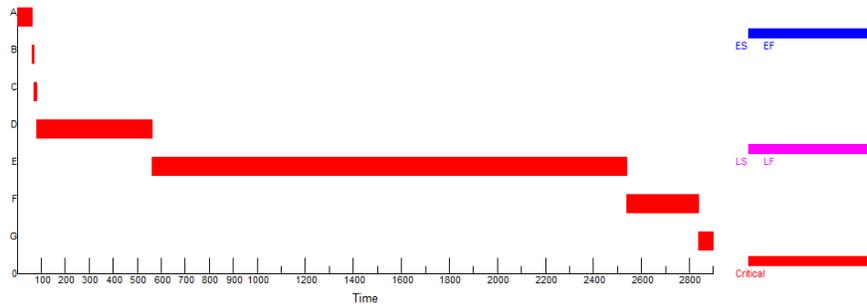


Ilustración 15 Diagrama de Gantt

Se observa un flujo continuo dentro de las operaciones que se tienen en el proceso, aunque se tiene un tiempo de espera necesario entre el proceso de pintado y el pre curado, puesto que cuando sale un rack del proceso de pintado avanza aproximadamente 1.5 metros a la altura de la puerta principal en donde se encuentra el horno de pre curado y es ahí cuando ocurre el tiempo de espera necesario para que el siguiente rack que va detrás tenga su proceso dentro de la tina (pintado).

En la etapa de enfriamiento a temperatura ambiente se recuperara algo de tiempo, porque se retirar los resortes con acabado para después ser colocados en los contenedores y posteriormente son abastecidos con resortes vírgenes para que el flujo del proceso siga siendo continuo.

**Cronograma de actividades**

Actividades por Quincena	Feb-1a	Feb-2a	Mar-1a	Mar-2a	Abr-1a	Abr-2a	May-1a	May-2a	Jun-1a
Instrucción en APQP, PFMEA, SPC, MSA, PPAP	■	■							
Desarrollo de fase 3 (Documentos prototipo, Process Flow Diagram, PFMEA y Plan de control).	■	■							
Desarrollo de fase 4 (validación de documentos PFD, PFMEA, PC).			■	■					
Desarrollo de fase 4 (Elaboración de instrucciones y registros de inspección)			■	■					
Desarrollo de fase 4 (Validación de muestras prototipo)					■	■	■	■	
Desarrollo de fase 5 (retroalimentación de muestras prototipo, acciones correctivas y mejor continua).							■	■	
Desarrollo de fase 5 (Validación de muestras PPAP)								■	



### **Prueba de limpieza**



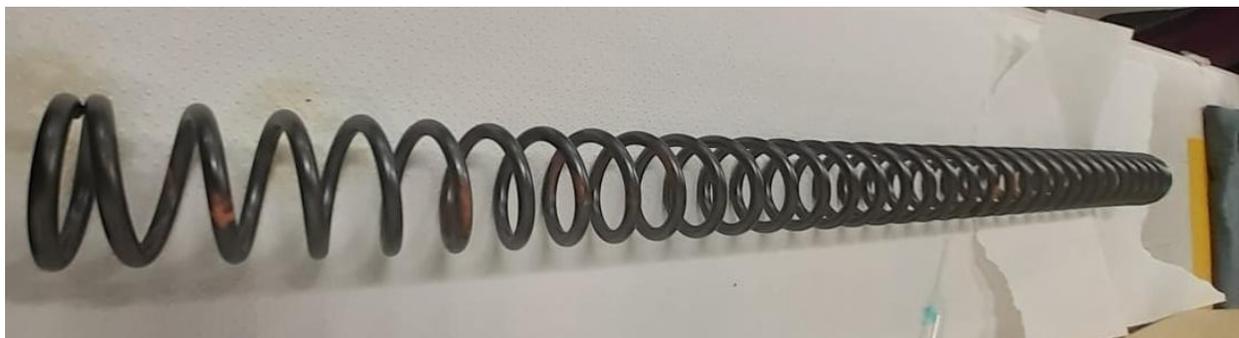
*Ilustración 17 NG*



*Ilustración 18 OK*

En este caso se pasa un paño blanco libre de pelusas por la superficie. Si quedan residuos sobre el paño, significa que la superficie está sucia y por lo tanto las piezas no pueden pasar a la siguiente operación. Se debe hacer una limpieza exhausta para evitar cualquier defecto o daño al momento de pintar el resorte.

### **Prueba de sulfato de cobre y limpieza Monticello**



*Ilustración 19 Pieza virgen*

La pieza fue sustraída de un contenedor de la línea 1, para realizar esta operación fue necesario el uso de guantes látex para evitar la contaminación del resorte.

El material fue ubicado en el laboratorio de calidad, se colocó sobre un papel para que no ocurriera algún derrame de líquido.



*Ilustración 20 Desarrollo de prueba de limpieza*

Se colocaron gotas de Sulfato de cobre con la ayuda de una pipeta plástica en distintos puntos del resorte, con la finalidad de observar la reacción y verificar la limpieza de este.



*Ilustración 21 Resultado de prueba*

Como se observa el resorte paso por la prueba mostrando interacción química visible (precipitación de cobre adherido).

De la misma manera paso la prueba de limpieza, puesto que se le paso un trapo blanco y no mostro suciedad. En ese momento se autorizó que las piezas pasaran a las pruebas de pintura.

## Medición del espesor de capa por inducción magnética



*Ilustración 22 Fischer FMP30 series*

Mide el contenido de ferrita en el acero austenítico y dúplex de acuerdo con el método de inducción magnética y para determinar la parte de la deformación martensita en los materiales austeníticos.

Estos instrumentos integran características adicionales tales como mayor memoria para las aplicaciones, así como gran capacidad estadística y evaluaciones con gráficos.

Para la medición del espesor de recubrimientos metálicos no ferromagnéticos (p.e.: cromo, cobre y zinc) u orgánicos (p.e.: pintura, laca, esmaltes, plásticos) sobre hierro y acero

- Almacenamiento de hasta 20,000 valores medidos y 100 aplicaciones
- 2,000 micras máximo = 2 mm
- DELTASCOPE para recubrimientos sobre acero y hierro
- Funciones de evaluación y visualización con opción a utilizar software, personalizar nombres e incluso genera gráficos, (CPK, Histograma, etc.).

En la segunda parte de las pruebas se utilizó un medidor de espesor de recubrimiento (pintura), para verificar si los resortes cuentan con el espesor establecido para la liberación de las muestras PPAP's. Se buscó alcanzar un espesor mínimo de 10 micras en todo el cuerpo del resorte. A continuación, se adjuntan algunos resultados obtenidos durante la semana de pruebas.

### **Resultados de Espesor Etapa 1**

Determinación de espesor de capa de recubrimiento por método de microscopía óptica según norma ASTM B487.

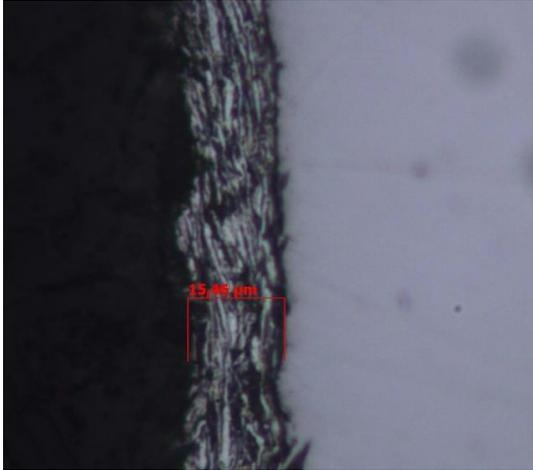
Muestras: 2 resortes con aplicación de Zinc Flake

La siguiente información que se presenta fueron resultados obtenidos por parte del proveedor de pintura, se analizaron las lecturas con el medidor de espesor. Posteriormente la información fue proporcionada a la empresa Monticello para su análisis.

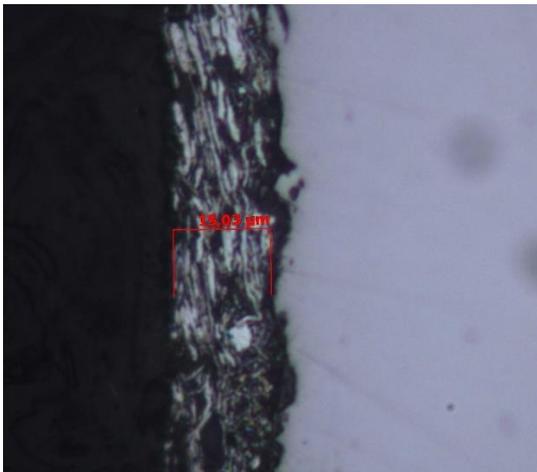
Informe de resultados - Muestra 1

1380 Zinc Flake 1			
	L1	C	L2
Lectura 1	13.55 µm	10.86 µm	12.62 µm
Lectura 2	14.55 µm	14.55 µm	6.87 µm

Lado 1



*Ilustración 23 Arriba Interior*



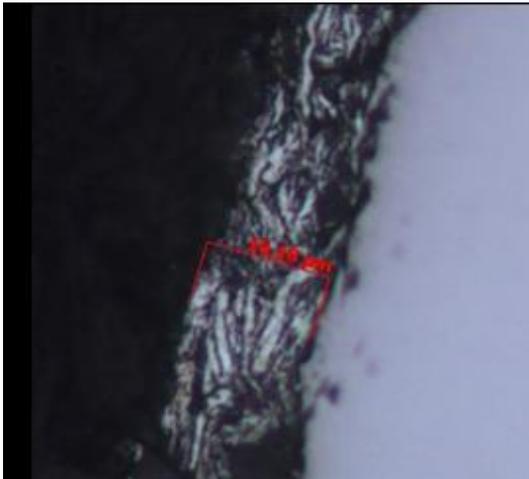
*Ilustración 24 Arriba exterior*

Se observó que el resorte se encuentra por encima del valor mínimo de **5 - 15**  $\mu\text{m}$  de acuerdo con la especificación requerida del cliente, en la lectura uno está 8.55  $\mu\text{m}$  arriba y en la lectura dos se encuentra 7.55  $\mu\text{m}$  arriba.

Centro



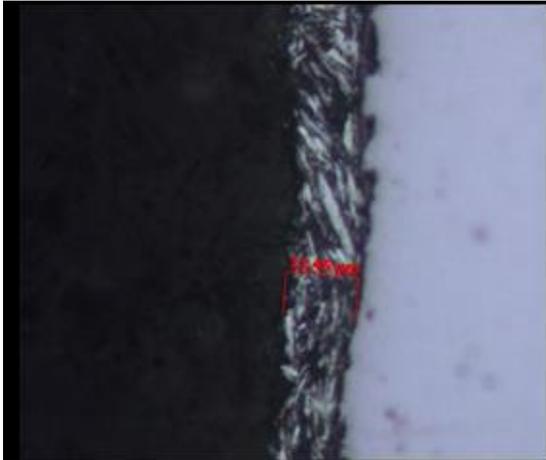
*Ilustración 25 Interior*



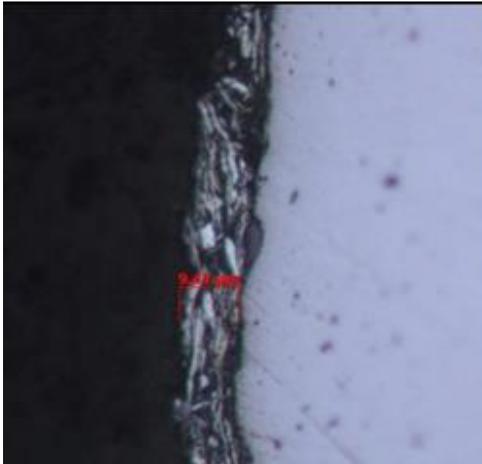
*Ilustración 26 Exterior*

Se observó que el resorte se encuentra por encima del valor mínimo de **5 – 15**  $\mu\text{m}$  de acuerdo con la especificación requerida del cliente, en la lectura uno está 5.86  $\mu\text{m}$  arriba del mínimo y en la lectura dos 7.55  $\mu\text{m}$  arriba.

Lado 2



*Ilustración 27 Abajo interior*



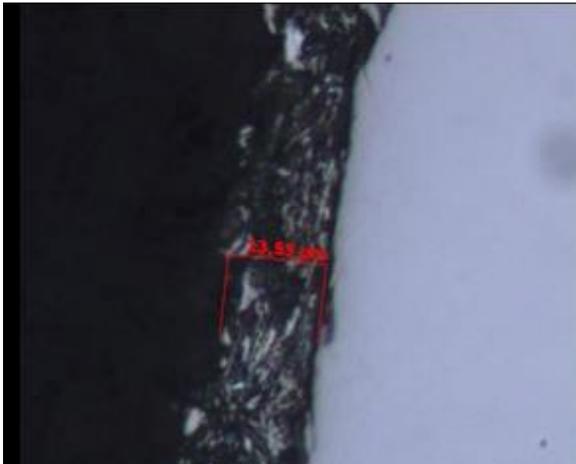
*Ilustración 28 Abajo exterior*

Se observó que el resorte se encuentra por encima del valor mínimo de **5 – 10  $\mu\text{m}$**  de acuerdo con la especificación requerida del cliente, en la lectura uno está **6.62  $\mu\text{m}$**  arriba del mínimo y en la lectura dos apenas y se encuentro **1.87  $\mu\text{m}$**  arriba. Este último dato genero ruido puesto que es donde se esperó que ocurriera la corrosión antes de las 480 horas de prueba en cámara salina.

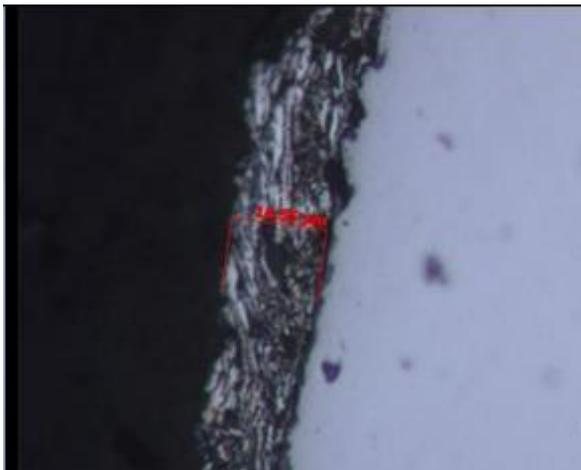
Informe de resultados - Muestra 2

1380 Zinc Flake 2			
	L1	C	L2
Lectura 1	15.46 $\mu\text{m}$	13.23 $\mu\text{m}$	11.45 $\mu\text{m}$
Lectura 2	15.03 $\mu\text{m}$	16.18 $\mu\text{m}$	9.41 $\mu\text{m}$

Lado 1



*Ilustración 29 Arriba interior*



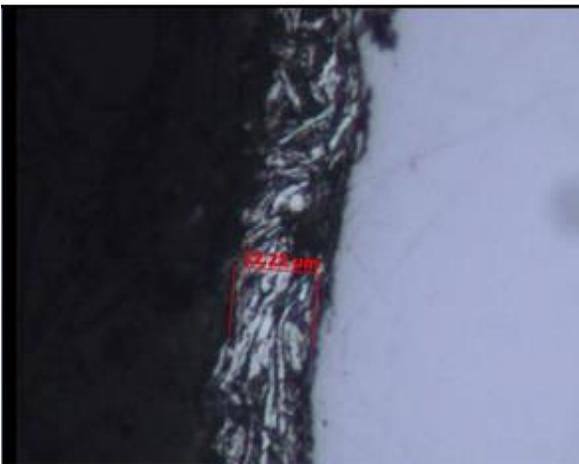
*Ilustración 30 Arriba exterior*

Se observó que el espesor se encuentra por encima del valor máximo de 5 – **15**  $\mu\text{m}$  de acuerdo con la especificación del cliente, en la lectura uno está 0.46  $\mu\text{m}$  arriba del máximo y en la lectura dos 0.03  $\mu\text{m}$  arriba.

Centro



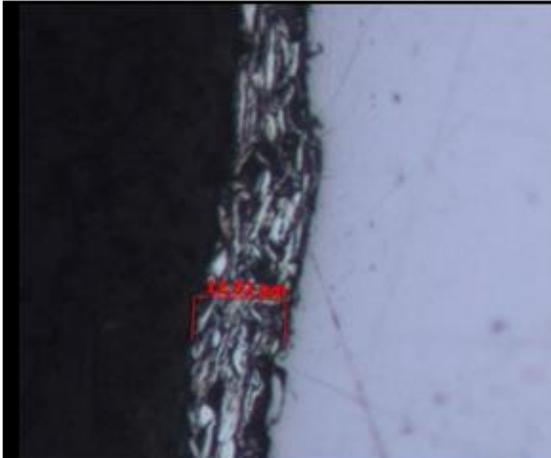
*Ilustración 31 Interior*



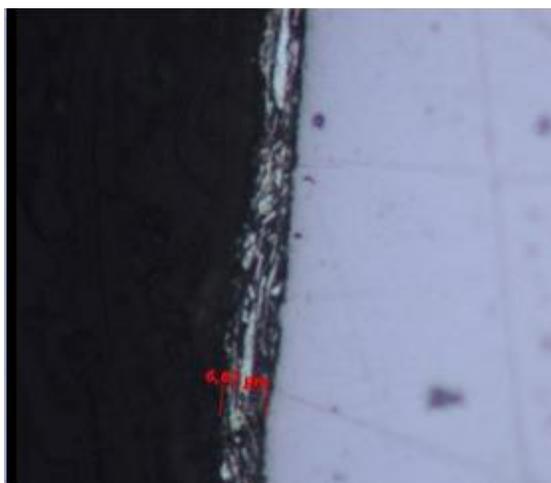
*Ilustración 32 Exterior*

Se observó que el resorte se encuentra por encima del valor mínimo de 5 – 15  $\mu\text{m}$  de acuerdo con la especificación del cliente, en la lectura uno está 8.25  $\mu\text{m}$  arriba del mínimo y en la lectura dos se encuentra por encima del valor máximo 1.18  $\mu\text{m}$  arriba.

Lado 2



*Ilustración 33 Abajo interior*

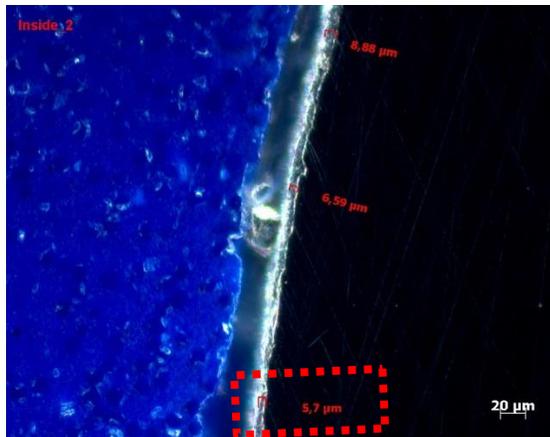


*Ilustración 34 Abajo exterior*

Se observó que el resorte se encuentra por encima del valor mínimo de 5 – 15  $\mu\text{m}$  de acuerdo con la especificación del cliente, en la lectura uno está 6.45  $\mu\text{m}$  arriba del mínimo y en la lectura dos 4.41  $\mu\text{m}$  arriba.

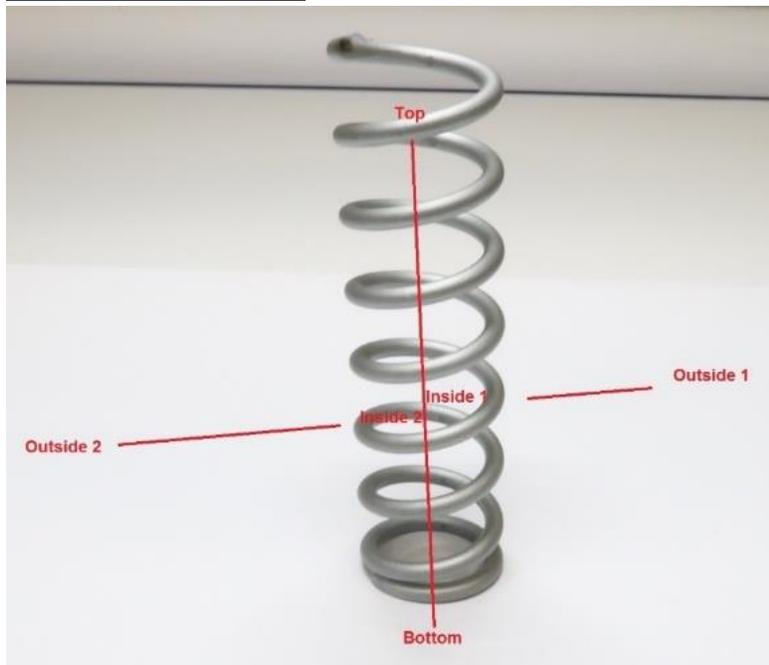
Se esperaba que el resorte cumpliera con las 480 horas en la prueba de cámara salina, pero en ciertas partes del resorte baja considerablemente el espesor al grado de estar casi al límite del mínimo.

Los resultados no fueron los esperados por parte de la empresa, puesto que el recubrimiento no fue suficiente para mantener cero corrosiones antes de las 480 hrs. Se presentó la corrosión después de las 240 horas en cámara salina



*Ilustración 35 Inside (dentro)*

### **Análisis de espesor**



*Ilustración 36 Información general*

TESTERLAB LABORATORIO S.A DE C.V.  
EDISON NTE. 1288, COL. TALLERES CP. 64480  
MONTERREY N.L.  
TEL. 145-30572, 83480764

## Cámara salina 480 Horas



*Ilustración 37 Prueba en cámara salina*



*Ilustración 38 Corrosión*

Equipo con el cual se puede acelerar el proceso de corrosión de material mediante la exposición de muestras a niebla salina.

Los ensayos se pueden realizar de manera natural o de laboratorio. Los ensayos naturales, son los que la muestra a analizar está expuesta directamente a las condiciones de ataque del ambiente, por otro lado, los de laboratorio son ensayos que se realizan bajo condiciones definidas y controladas.

## **Resultados de Espesor Etapa 2**

Prueba 1 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Resorte 1 (Torcida)

Abajo: 5.44, 4.98, 5.41

Arriba: 8.83, 8.90, 8.85

Prueba 2 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Resorte 8 (Normal)

Abajo: 6.31, 6.79, 5.29

Arriba: 9.88, 10.15, 10.24

Prueba 3 Thicknees ( $\mu\text{m}$ )

Resorte 2 (Plana)

Abajo: 8.28, 8.01, 8.04

Arriba: 12.24, 10.57, 14.79

Prueba 4 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Resorte 5 (Normal)

Abajo: 9.91, 9.97, 9.65

Arriba: 9.50, 10.16, 8.67

Prueba 5 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Resorte 2 (Plano)

Abajo: 10.17, 11.52, 11.91

Arriba: 13.43, 13.07, 12.88

Resorte 7 (Normal)

Abajo: 7.39, 7.79, 8.05

Arriba: 10.89, 13.87, 11.75

Prueba 6 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Resorte 1 (Torcido)

Abajo: 9.71, 8.82, 8.53

Arriba: 10.70, 12.28, 16.62



*Ilustración 39 Segunda prueba en cámara salina*

Consiste en mantener en exposición continua de niebla salina, con condiciones de presión y temperatura controladas, por un tiempo definido.

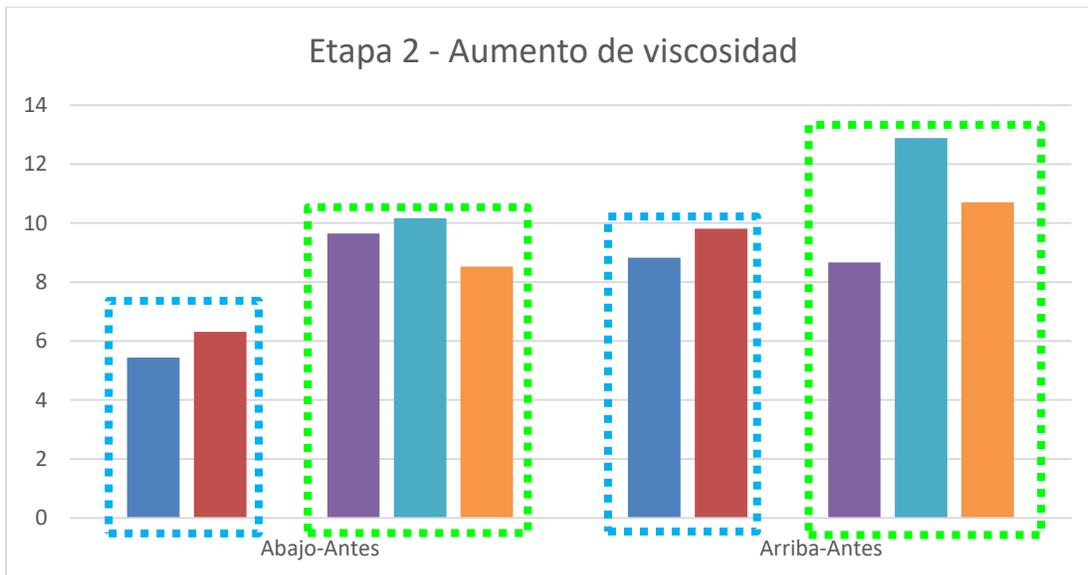
En las pruebas (3, 4, 5, 6) se contó con una mayor viscosidad con el objetivo de obtener mejores resultados al momento de realizar la prueba de espesor.

Etapa 2 Antes

	Abajo-Antes	Arriba-Antes
Prueba 1	5.44	8.83
Prueba 2	6.31	9.81

Etapa 2 Después

	Abajo-Después	Arriba-Después
Prueba 4	9.65	8.67
Prueba 4	10.17	12.88
Prueba 5	8.53	10.7



En la tabla anterior se muestran los resultados de las primeras pruebas con una viscosidad baja (contorno azul). Ronda entre 5.44 – 9.81  $\mu\text{m}$  de espesor.

Para las pruebas siguientes con una mayor viscosidad (contorno verde), se observa que el espesor se encuentra entre 8.53 – 12.88  $\mu\text{m}$ . Favoreció el aumento a la viscosidad rotundamente.

### **Resultados de Espesor Etapa 3**

Prueba 1 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 7.00 – 11.00

Arriba: 10.00 – 14.00

Prueba 2 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 5.00 – 6.00

Arriba: 14.00 – 26.00

Prueba 3 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 7.00 – 8.00

Arriba: 9.00 – 11.00

Prueba 4 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo:

Arriba:



*Ilustración 40 Envío de piezas para analizar*

Este es el paquete que se envió con piezas de las pruebas que se realizaron, se mandaron a las instalaciones de DORKEN que se encuentra en Alemania para someterse a la prueba de resistencia a la corrosión en la cámara salina.

### **Resultados de Espesor Etapa 4**

Pieza 7 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 7.3 – 7.0

Arriba: 12.5 – 9.4

Medio:

Chequeo de pesos del resorte para prueba dos.

No	Peso sin pintura	Peso con pintura	Diferencia
1	0.67315	0.6763	0.00315
2	0.67365	0.6770	0.00335
3	0.67315	0.6763	0.00315
4	0.67375	0.6768	0-00305
5	0.67330	0.6765	0.00320
6	0.67215	0.6754	0.00325

7	0.67215	0.6755	0.00335
8	0.67280	0.6761	0.00330
Min	<b>0.67215</b>	<b>0.67540</b>	<b>0.00305</b>
Average	<b>0.67301</b>	<b>0.67624</b>	<b>0.00323</b>
Max	<b>0.67375</b>	<b>0.67700</b>	<b>0.00335</b>

Pieza 3 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 6.1 – 7.00

Arriba: 7.9 – 8.6

Medio: 7.3 – 8.3

Chequeo de piezas del resorte para prueba tres.

No.	Peso sin pintura	Peso con pintura	Diferencia
1	0.67220	0.6750	0.00280
2	0.67295	0.6757	0.00275
3	0.67300	0.6758	0.00280
4	0.67340	0.6761	0.00270
5	0.67360	0.6763	0.00270
6	0.67400	0.6768	0.00280
7	0.67280	0.6756	0.00280
8	0.67355	0.6763	0.00275
Min	<b>0.67220</b>	<b>0.67500</b>	<b>0.00270</b>
Average	<b>0.67319</b>	<b>0.67595</b>	<b>0.00276</b>
Max	<b>0.67400</b>	<b>0.67680</b>	<b>0.00280</b>

Pieza 5 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 7.9 – 8.2

Arriba: 8.4 – 9.0

Medio:

Chequeo de pesos del resorte para prueba seis

No.	Peso sin pintura	Peso con pintura	Diferencia
1			
2			
3			
4			
5		0.6765	
6		0.6770	
7		0.6754	
8		0.6753	
Min		<b>0.67530</b>	
Average		<b>0.67605</b>	
Max		<b>0.67700</b>	

Pieza 5 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 8.6 – 8.4

Arriba: 8.7 – 11.0

Medio:

Chequeo de pesos del resorte para prueba siete.

No.	Peso sin pintura	Peso con pintura	Diferencia
1		0.67770	
2			
3			
4			
5		0.67750	
6		0.67620	
7		0.67770	
8			
Min		<b>0.67620</b>	

Average		<b>0.67710</b>	
Max		<b>0.67770</b>	

Pieza 2 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 7.8 – 7.4

Arriba: 8.6 – 11.1

Medio:

Chequeo de pesos del resorte para prueba ocho.

No.	Peso sin pintura	Peso con pintura	Diferencia
1			
2		0.6755	
3		0.6760	
4		0.6749	
5		0.6778	
6			
7			
8			
Min		0.6749	
Average		0.6761	
Max		0.6778	

Prueba 9 / Pieza 1 Thickness ( $\mu\text{m}$ )

Abajo: 6.5 – 6.8

Arriba: 8.1 – 8.5

Medio:

Chequeo de pesos del resorte para prueba nueve.

No.	Pieza sin pintura	Pieza con pintura	Diferencia
1		0.6766	

2			
3		0.6764	
4			
5		0.6762	
6			
7			
8		0.6760	
Min		<b>0.67620</b>	
Average		<b>0.67630</b>	
Max		<b>0.67660</b>	

### **Medición de sólidos**

El analizador de humedad es fácil de usar, se adapta a las necesidades de control de calidad, producción y control de procesos de muchas industrias, como la farmacéutica, plásticos y la alimentaria. Las balanzas de humedad se caracterizan por:

Resultados fiables gracias a un control de temperatura preciso con tecnología de calefacción halógena y a una extraordinaria tecnología de pesaje.

Funcionamiento intuitivo con instrucciones pasó a paso para el usuario y así evitar errores en el funcionamiento periódico.

Rendimiento de medición uniforme durante muchos años gracias a un diseño resistente, a las comprobaciones de rendimiento integradas y a una oferta de mantenimiento completa.



*Ilustración 41 Equipo de análisis*



*Ilustración 42 Probeta plástica*



*Ilustración 43 Platillo desechable*

### **Prueba de humedad**



*Ilustración 44 Prueba 1*

Para realizar esta prueba primero se configuro el medidor de humedad con la información de la empresa. Posteriormente fue necesario extraer pintura de la tina utilizando la pipeta plástica aproximadamente 2 gr de pintura, se requirió de guantes plásticos. Cuando se tuvo la muestra se tapó el orificio de la pipeta con la ayuda del dedo índice, la finalidad de esto fue evitar que entrara humedad en la pintura.

Nos dirigimos al lugar donde se encontraba el medidor y fue hasta entonces que se retiró el dedo de la pipeta para colocar la pintura sobre el platillo desechable.

Se tuvo que esperar un lapso de tiempo predeterminado para obtener resultados.

### **Modificaciones realizadas**

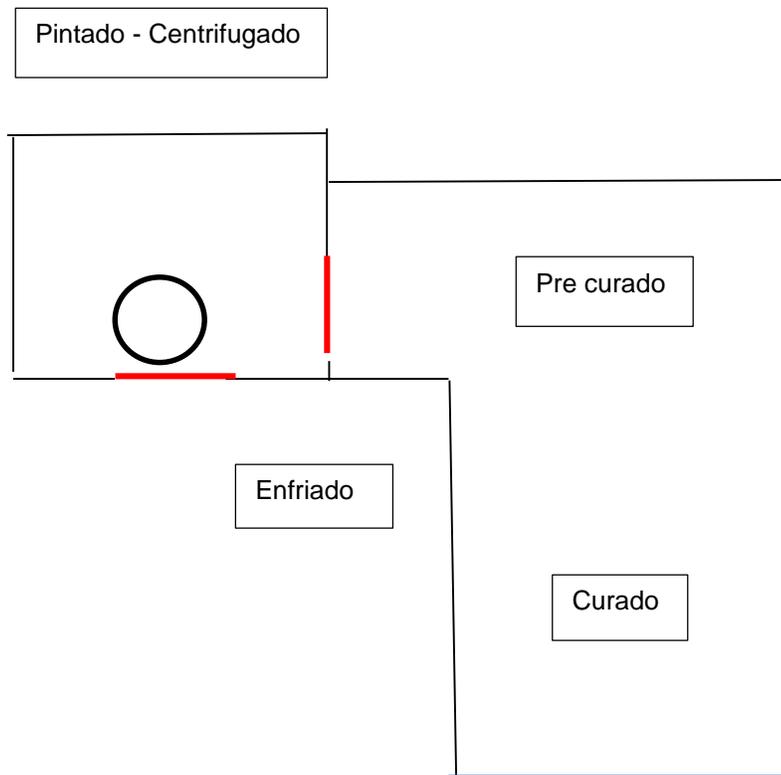
Para la etapa cuatro se tuvieron las modificaciones en el sistema de aire acondicionado, con el propósito de mantener una temperatura más estable y poder controlar la viscosidad sin problema. Se optó por agregarle un aire acondicionado extra, en las siguientes fotos se muestra el antes y el después de esta modificación. A su vez se reubico la lámpara para tener una mayor iluminación, el resultado se muestra en la segunda imagen.



*Ilustración 45 Reubicar lámpara*



*Ilustración 46 Aire acondicionado implementado*



Nota: Quedaron pendientes las modificaciones de las puertas automáticas para sellar los hornos de pre curado y así evitar que el calor entre en la cabina donde se encuentra la

tina con pintura. De la misma manera se pretende colocar otras en la parte que divide al área de enfriamiento y pintado-centrifugado. El objetivo es garantizar el completo control sobre la temperatura y que no se afecte en lo absoluto a la viscosidad. En el diagrama de proceso que se encuentra en la parte superior se refleja una línea en color rojo que representa la puerta de dos hojas pendientes para ser implementadas.

### **Resistencia a la corrosión**

Existen distintos métodos para medir la resistencia a la corrosión. En la mayoría de los casos se emplea el ensayo de niebla salina según DIN EN ISO 9227 para determinar cuánto tiempo tarda en formarse corrosión roja.

Para la realización del ensayo de niebla salina se requiere una atmósfera correspondiente, de forma que se recomienda el uso de instrumentos de prueba automáticos. Se debe evitar que haya cobre o aleaciones de cobre en la cámara para que no ingresen iones de cobre.



*Ilustración 47 Cámara salina*

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

### ***CONCLUSIONES DEL PROYECTO***

Con la experiencia que se tuvo en las tres primeras etapas, se llegó a la conclusión en la cuarta etapa que:

El aire acondicionado estaba trabajando de manera correcta, puesto que se veía reflejado en las temperaturas y por ende en la alta viscosidad de la pintura lo que provocaba menos gota aparente a RPM's bajos.

La gota se estanca y esto provoca que resulten partes con micras bajas y partes más altas, se necesitan más RPM's para que la gota pueda recorrer toda la espira y resulte un recubrimiento más uniforme cuando se tiene una viscosidad alta.

El resorte con recubrimiento debe tener la capacidad de resistir las 480 horas de prueba en cámara salina sin corrosión roja. De lo contrario el proveedor de pintura no aprobará el proceso.

Por ahora no se tienen las puertas de doble hoja que bloquearan los orificios por donde no se tiene un control de temperatura, en la etapa cuatro se pusieron puertas improvisadas de cartón que se colocaban y retiraban según se requiriera. Se espera que cuando esto se implemente se tenga un control absoluto de temperatura de pintura y cabina, humedad y viscosidad.

## **CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS**

### ***COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS***

Fue una gran experiencia el que me permitieran ser partícipe de este gran proyecto que es muy importante para la empresa, el convivir con personas de alto nivel jerárquico y darme cuenta como es el trabajo en equipo para que todo fluya de una manera más controlada.

Conocer como dentro del equipo multidisciplinario que se formó para llevar a cabo las pruebas existe líderes que proponen, generar hipótesis, visualizan más halla con cada prueba que se ejecuta y siempre en la búsqueda de obtener mejores resultados.

Algo que me llamo la atención es que cuando el líder de la empresa Monticello se ausenta por motivos personales o laborales, se delegan responsabilidades a los miembros involucrados en el proyecto para que puedan continuar las pruebas ya programadas.

En la última etapa de las pruebas que me toco estar me gusto porque conviví de cerca con el gerente de ventas de la pintura, el que asesoraba a los miembros de la empresa Monticello para realizar las diferentes pruebas que se llevaron a cabo. Me asigno algunas tareas a realizar y me sentí más involucrado en la realización del proyecto.

## CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

### FUENTES DE INFORMACION

#### Referencias de Libros

Carlos Andres Arias Cordoba, Erwin Calvo Henao, Jose Ignacio Ochoa Jaramillo. (2007). Diseño y construccion de una camara de niebla salina para ensayos de corrosion. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Mecánica. Ingeniería Mecánica.

#### Referencias de internet:

EDGAR MONTERRUBIO NORIA. (TIANGUISTENCO, MÉX. AGOSTO DEL 2014). APLICACIÓN DE LA FASE III DEL APQP EN LA ELABORACIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS PARA ACEITE AUTOMOTRIZ. 2014, de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO Sitio web: <http://ri.uaemex.mx/handle/123456789/30069>

Jesús Santiago Olmedo Méndez. (2017). A GESTIÓN DE PROYECTOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DEL SECTOR AUTOMOTRIZ MEDIANTE LAS HERRAMIENTAS APQP Y CORE TOOLS. 2017, de UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA Sitio web: <http://hdl.handle.net/20.500.11777/3355>.

Ríos Alvear, Jorge Leonardo. (19-sep-2014). Estudio de factibilidad para la disminución de productos no conformes basado en la norma ISO 9001-2008 del área de encubado de transformadores de la Empresa Moretran C.A... 2014, de Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial. Sitio web: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/5685>

Almachi Rivera Luis Mauricio. (jun-2019). IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN OPERACIÓN DE TORQUES EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE VEHÍCULOS EN LA ENSAMBLADORA CIAUTO CIA. LTDA. 2019, de

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, bajo la Modalidad de Propuesta Metodológica Sitio web: <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1159>

LUIS ENRIQUE MACÍAS MARTÍN . (Julio del 2004 ). DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y REALIZACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS QUE AYUDE A LAS COMPAÑÍAS PROVEEDORAS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Y DE SERVICIO A DAR CUMPLIMIENTO A LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE CALIDAD. 2004, de Tesis Sitio web: [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569917/DocsTec\\_10792.pdf?sequence=1](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569917/DocsTec_10792.pdf?sequence=1)

Almachi Rivera Luis Mauricio. (jun-2019). IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN OPERACIÓN DE TORQUES EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE VEHÍCULOS EN LA ENSAMBLADORA CIAUTO CIA. LTDA. 2019, de Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, bajo la Modalidad de Propuesta Metodológica Sitio web: <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1159>

LUIS ENRIQUE MACÍAS MARTÍN . (Julio del 2004 ). DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y REALIZACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS QUE AYUDE A LAS COMPAÑÍAS PROVEEDORAS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Y DE SERVICIO A DAR CUMPLIMIENTO A LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE CALIDAD. 2004, de Tesis Sitio web: [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569917/DocsTec\\_10792.pdf?sequence=1](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569917/DocsTec_10792.pdf?sequence=1).

Jaime Rodriguez. (7 noviembre, 2019). Beneficios de la Planificación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP). 2019, de SPC consulting group Sitio web:

<https://spcgroup.com.mx/beneficios-de-la-planificacion-avanzada-de-la-calidad-del-producto-apqp/>.

Sebastián Gutiérrez Restrepo. (2014). MÉTODO DE APLICACIÓN DE LA PLANEACIÓN AVANZADA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO (APQP) EN LAS ENSAMBLADORAS Y PROVEEDORES DEL PROGRAMA DE GESTIÓN DEL SECTOR MOTOCICLETAS EN LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS. 2014, de Repositorio Institucional Universidad EAFIT Sitio web: <https://core.ac.uk/download/pdf/47242225.pdf>

## CAPÍTULO 9: ANEXOS

### ANEXOS (FOTOS)

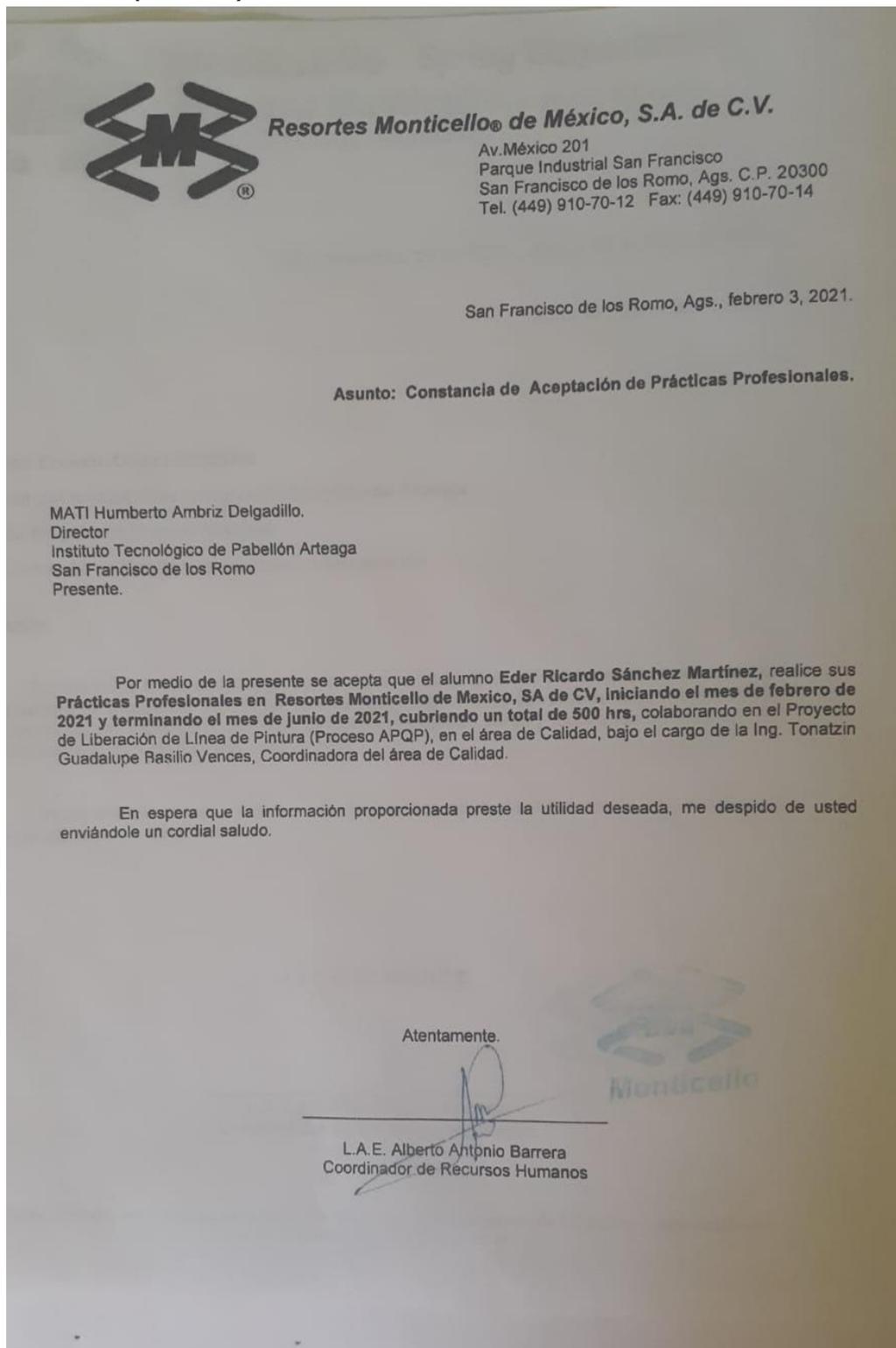


Ilustración 48 Carta de aceptación



**Monticello® Spring Corporation**  
**Resortes Monticello® de México, S.A. de C.V.**  
TS 16949 / ISO 9001 Registered

San Francisco de los Romo, Ags; a 26 de mayo de 2021,

**Asunto:** Carta de Terminó.

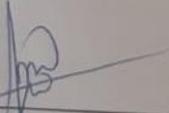
Dr. José Ernesto Olvera González  
Director del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Lic. Ma Magdalena Cuevas Martínez  
Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación

**Presente:**

Por medio de la presente hago constar que el C. **Eder Ricardo Sánchez Martínez**, alumno de la carrera de **Ingeniería Industrial**, termino satisfactoriamente sus Residencias Profesionales en el proyecto de "Liberación de línea de pintura (Proceso APQP)" cubriendo un total de 500 horas durante el periodo febrero – mayo 2021.

En espera que la información proporcionada sea de la utilidad deseada, me despido de usted enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE

  
L.A.E Alberto Antonio Barrera  
Coordinador de Recursos Humanos.



Avenida México 201 - Parque Industrial San Francisco - San Francisco de los Romo - Aguascalientes  
C.P. 20300 teléfono 449 910 70 12

*Ilustración 49 Carta de liberación*

## **18. Registros de Productos**

(Patentes, derechos de autor, compra-venta del proyecto, etc.).

### **Glosario**

**Martensita:** es el nombre que recibe la fase cristalina BCT, en aleaciones ferrosas. Dicha fase se genera a partir de una transformación de fases sin difusión (infiltración de partículas ajenas al material procesado), a una velocidad que es muy cercana a la velocidad del sonido en el material.

**Austeníticos:** son aceros inoxidable no magnéticos que contienen altos niveles de cromo y níquel y bajos niveles de carbono. Conocidos por su confortabilidad y resistencia a la corrosión, son el grado de acero inoxidable más utilizado.

**Delta:** Aplicar el recubrimiento sobre piezas de acero, aluminio, zamak, latón, tales como tuercas, bridas, abrazaderas, resortes, clips, tornillos y espárragos. Recubrimiento orgánico tipo “top coat” desarrollado especialmente para aplicarse sobre DELTA-TONE. Es un recubrimiento altamente efectivo para la protección anticorrosiva con espesores relativamente bajos. El proceso de recubrimiento en MicroCapas se lleva a cabo a granel, por inmersión y centrifugado