



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Programa de producción de  
fascias delantera y trasera para  
la industria automotriz**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero mecánico-eléctrico**

**P R E S E N T A**

Eduardo Gutiérrez Castañeda

**ASESOR DE INFORME**

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	4
1.1	Objetivo	4
<b>2</b>	<b>Descripción de la empresa</b>	5
2.1	Las autopartes plásticas en México	6
2.2	Proceso de inyección de plásticos por moldeo	8
2.3	Materiales de inyección	10
<b>3</b>	<b>Desarrollo del proyecto</b>	12
3.1	Manufactura	13
3.2	Try out moldes de inyección	13
3.3	Resina de inyección	15
3.4	Contracción	17
<b>4</b>	<b>Pruebas en planta pintura</b>	20
4.1	Evaluación y defectos	21
<b>5</b>	<b>Pruebas en planta ensamble</b>	22
5.1	Pruebas de ensamble en carrocería	23
<b>6</b>	<b>Procesos de aprobación</b>	25
6.1	Planta inyección	25
6.2	Metodología 8D's	26
6.3	Planta pintura	28
<b>7</b>	<b>Fabricación de racks para pintura</b>	29
7.1	Racks y contenedores para transporte interno	33
7.2	Materiales de fabricación	35
7.3	Requisiciones de compra	35
7.4	Control de producción	38
7.5	Producción pintura	38
7.6	Desarrollo de números de parte	38

<b>8</b>	<b>Reporte dimensional de fascias</b> .....	38
8.1	Proceso planta ensamble.....	39
<b>9</b>	<b>Generación de documentación para información en planta</b> .....	39
<b>10</b>	<b>Requerimientos ISO/TS 16949</b> .....	40
10.1	Core Tools.....	40
10.2	Proceso APQP.....	41
10.3	Plan de Control.....	41
10.4	Proceso PSO.....	42
10.5	Proceso PPAP.....	43
10.6	MSA.....	44
10.7	Proceso Run & Rate.....	45
10.8	Proceso AMEF.....	46
10.9	Check list.....	49
<b>11</b>	<b>Descripción de Actividades y responsabilidades</b> .....	51
<b>12</b>	<b>Programa de reducción de costos</b> .....	53
<b>13</b>	<b>Embarque a planta armadora</b> .....	54
<b>14</b>	<b>Prelanzamiento</b> .....	55
<b>15</b>	<b>Lanzamiento de programa de producción</b> .....	55
<b>16</b>	<b>Seguimiento al programa de producción</b> .....	55
<b>17</b>	<b>Conclusiones</b> .....	57
<b>18</b>	<b>Glosario de términos y acrónimos</b> .....	58
<b>19</b>	<b>Bibliografía</b> .....	61

## **1 Introducción**

La necesidad de la industria automotriz por mejorar el rendimiento del combustible en sus unidades, empujan a las armadoras a usar cada vez más componentes plásticos, lo que ha generado una gran oportunidad para los productores de autopartes plásticas en México. La producción nacional de autopartes plásticas ha crecido hasta 40 por ciento sobre su nivel actual, al sustituir algunas piezas que se importan de Estados Unidos, China y de otras naciones de Asia y Europa.

Aproximadamente el consumo de los plásticos es alrededor de 500 mil toneladas, de las cuales el 35 por ciento corresponden al polipropileno, 20 por ciento al poliuretano, 10 por ciento al acrilonitrilo butadieno estireno, 9 por ciento al policarbonato y el resto a otros materiales.

Los plásticos representan y prometen grandes oportunidades en la industria automotriz gracias al potencial de innovación en los diseños, el estilo y la aerodinámica de los automóviles, razón por la que han sido los materiales preferidos para el diseño de autos deportivos y hasta por la industria aeroespacial. Los nuevos desarrollos involucran a los compuestos de polímeros con cargas y refuerzos que ofrecen absorción de energía, seguridad, resistencia térmica y un alto desempeño en la industria automotriz.

Por tanto, el presente trabajo comprende la realización de actividad profesional, con respecto a la producción de fascias o comúnmente conocidas también como parachoques, que son autopartes plásticas, fabricadas en una empresa clasificada como Tier 1 proveedora de las más importantes plantas armadoras del país.

Un programa de producción de fascias se comienza con el desarrollo de un proyecto el cual es licitado por el cliente, en este caso una planta armadora. El proceso por el cual se lleva a cabo la licitación, es cumplir todos los requerimientos de especificación técnica en ingeniería, así como, de costos, infraestructura y administración de recursos humanos.

El informe de actividad profesional está enfocado al proceso de fabricación de autopartes plásticas, en específico a las fascias delantera y trasera, así como, sus elementos complementarios. El informe lo presento al desempeñarme como líder de proyectos, actividad que realicé y que llevé a cabo al estar laborando en una empresa proveedora del sector automotriz.

### **1.1 Objetivo**

Poner en marcha el programa de producción de fascia delantera y fascia trasera para un modelo de automóvil en específico, destinado a una planta armadora ubicada en el interior de la república.

Ejecutando en forma correcta el proyecto con los requerimientos y especificaciones asignados al plan de servicios, como cotizaciones, órdenes de compra, pruebas, calidad, informes internos, producción, así como, la gestión de recursos humanos y técnicos.

## 2 Descripción de la empresa

Magna internacional líder mundial en la fabricación de partes internas y externas y revestimientos para autos y camiones, es una empresa catalogada como Tier 1 fabricante y proveedora a nivel mundial de las más importantes plantas armadoras tales como: Ford, Chrysler, VW, Nissan, General Motors, BMW. Sus divisiones correspondientes a autopartes exteriores, autopartes interiores, iluminación, estampados, vestiduras, partes de motor, están localizadas en diversas partes del mundo. La empresa Decoplás del grupo Magna internacional localizada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, estado de México, fabricante de componentes y autopartes plásticas para ensamble exterior de automóviles y camionetas tales como: fascias delanteras y traseras, parrillas, fog lamp (alojamientos para faros de iluminación), claddings (revestimientos de puertas) , spoilers, mud guard (guarda lodos), close out (remates esquineros), sport bar (barra deportiva), end gate (revestimiento puerta trasera de pick up), lift gate (revestimiento puerta trasera de SUV). En las Fig.1, Fig.2, Fig.3, se muestran algunos productos fabricados por la empresa:



Fig. 1 Ensamble de fascia delantera



Fig. 2 Ensamble de fascia trasera



Fig. 3 Componentes de ensamblaje

## 2.1 Las autopartes plásticas en México

Nuestro país está ubicado estratégicamente como un polo de producción y exportación del sector automotriz, siendo el centro de confluencia de los dos corredores de manufactura más importantes de Norteamérica. Se han establecido en el país las principales empresas de autopartes de Norteamérica, Europa y Asia, garantizando las entregas "Justo a tiempo" y facilitando la flexibilidad de producción requerida por las armadoras.

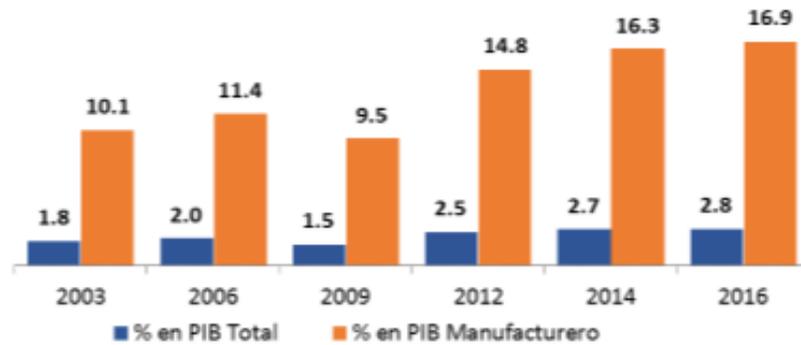
El sector se encarga del abastecimiento de bienes de consumo final para el suministro de la industria terminal y de refacciones. Las empresas fabricantes se clasifican en los niveles de producción Tier, 1, Tier 2 y Tier 3, de acuerdo a los niveles de manufactura, producción, especialización de componentes y clientes finales. La mayoría de las armadoras en México cuentan con empresas de autopartes alrededor de sus plantas cuya finalidad es con la exigencia de proveeduría y tiempos de entrega.

El país cuenta con más de 1900 proveedoras de la industria automotriz, genera más de 540 mil empleos directos, representa el 1.2% del total del PIB y el 44.5% dentro del total del sector automotriz. El sector de autopartes cuenta con la misma tendencia de crecimiento que el automotriz en su conjunto. Una de las ventajas de cada proveedor de autopartes es que podría desarrollar su propia cadena de suministros.

El sector de autopartes se ha convertido en uno de los sectores más dinámicos y participa con una proporción importante de las exportaciones no petroleras. En función de su importancia dentro de la industria manufacturera, las autopartes constituyen el segundo producto de exportación del sector manufacturero, solo después de los vehículos.

Durante las últimas décadas el crecimiento de la industria automotriz ha evolucionado favorablemente, en 2016 contribuyó con el 2.8% al PIB total y representó el 16.9% del PIB en el sector manufacturero, Fig. 4.

**Participación de la Industria Automotriz en el PIB  
Total y Manufacturero, 2003 - 2016**  
(proporción porcentual)

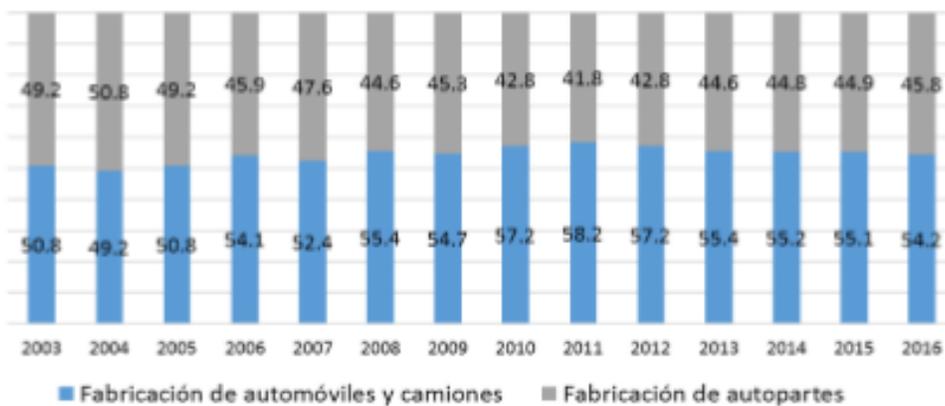


Fuente: Elaborado por el CEFP con datos de INEGI.

Fig. 4 Porcentaje de participación en la industria manufacturera

En 2016, la producción de autos y camiones represento el 54.2% de la industria, mientras que el 45.8% restante correspondió a la producción de autopartes, Fig. 5

**Industria Automotriz por rama de producción, 2003 - 2016**  
(proporción porcentual)



Fuente: Elaborado por el CEFP con datos de INEGI.

Fig. 5 Participación dentro de la industria automotriz

## 2.2 Proceso de inyección de plásticos por moldeo

El proceso por inyección consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde, donde se enfría hasta una temperatura a la que las piezas pueden ser extraídas sin deformarse. El moldeo por inyección se aplica normalmente a resinas termoplásticas, con ciertas modificaciones, se puede aplicar a materiales termoestables y elastómeros sintéticos.

En el moldeo por inyección un polímero en estado líquido y caliente, fluye a través de conductos o canales de geometría compleja, las paredes de las cuales, están mucho más fría que el polímero, llenando un molde que también tiene paredes frías. El proceso puede dividirse en dos fases, en la primera tiene lugar la fusión del material y en la segunda la inyección del mismo en el molde. El moldeo por inyección es, quizás, el método de transformación más característico de la industria del plástico.

La industria de los plásticos está constituida por dos sectores, la petroquímica fabricante de resinas y la industria manufacturera fabricante de productos plásticos. Los principales procesos de transformación de esta industria son: el proceso por extrusión y el proceso por inyección. La máquina de inyección está básicamente compuesta por la unidad de inyección, el molde y la unidad de control. Estas máquinas se clasifican en diferentes tipos, de acuerdo al proceso y material plástico. En la empresa son utilizadas máquinas de inyección de tipo horizontal, compuestas por un clampeo, una unidad de inyección que es accionada por un mecanismo hidráulico de tornillo alternativo, ver Fig. 6.



Fig. 6 Máquina de inyección horizontal

La unidad de inyección plastifica el material sólido mediante el giro del tornillo, el movimiento del tornillo es axialmente para inyectar el material plastificado hacia la cavidad del molde, el tornillo tiene una acción recíproca y alternativa. El esquema de este tipo de inyección se muestra en la Fig. 7.

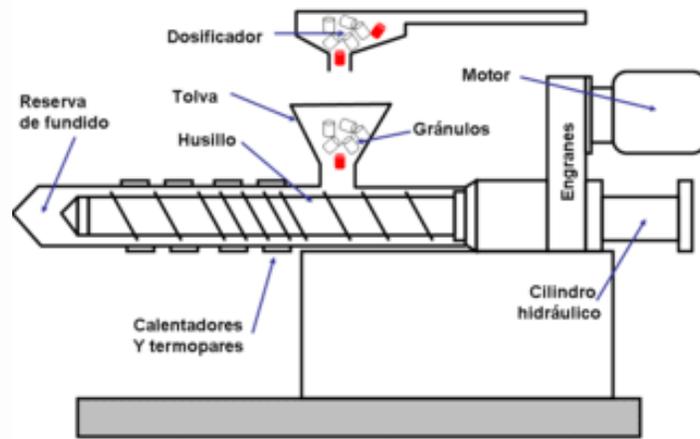


Fig. 7 Diseño genérico de la unidad de inyección

En la Fig. 8, se muestra una gráfica con el porcentaje de uso de los procesos de transformación de los plásticos. Se indica que el proceso de inyección es el de mayor uso y se determina que para este tipo de moldeo se utilizan máquinas de inyección tipo horizontal debido a que este tipo de máquinas de moldeo por inyección son equipos de alta productividad. En la planta de inyección de la empresa son utilizadas máquinas de inyección horizontal con capacidades desde 80, 250, 300 y hasta 3000 toneladas de presión dependiendo de la parte a ser inyectada.

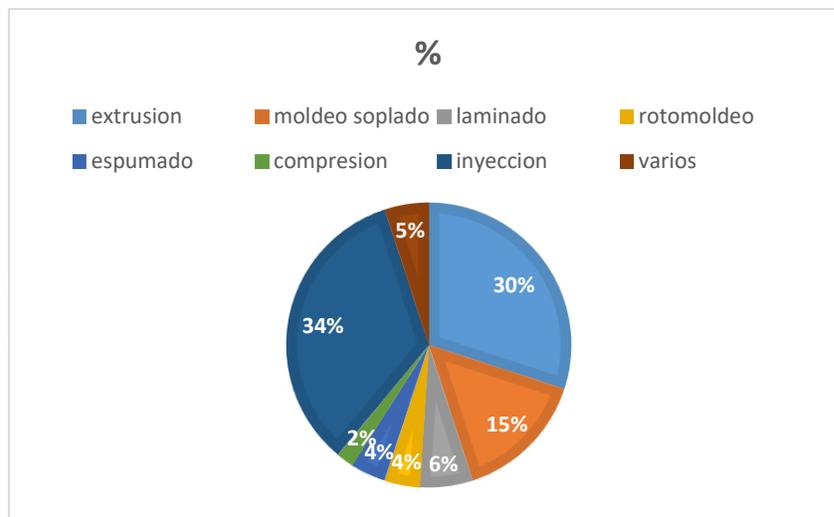


Fig. 8 Porcentaje de procesos de transformación de plásticos

Al denominar máquinas de inyección con capacidades de 80, 250, 300 y hasta 3000 toneladas de presión, se refiere a la fuerza de cierre o clamping forcé, que es la superficie proyectada de la pieza sobre el plano paralelo a la superficie de las placas por la presión de inyección de la cavidad, que depende de la resina a inyectar.

El cálculo que se realiza para determinar la capacidad de máquina a utilizar, es el siguiente, como punto inicial para determinar la fuerza de cierre es calcular el área total de la pieza (superficie de la cavidad), refiriéndonos a la fascia delantera, posteriormente se calcula el área total obtenida por el número de cavidades, en este caso el molde tiene una sola cavidad. Posteriormente el producto de la etapa anterior es multiplicado por el factor de tonelaje que es indicado por las especificaciones técnicas de la resina a usar, el material utilizado es la resina Dexflex 810, de acuerdo a las especificaciones el factor de tonelaje es de 3 ton/in<sup>2</sup>, la memoria de cálculo se presenta a continuación:

$$\begin{aligned}\text{Área (superficie de la cavidad)} &= 14.5 \text{ pulg} \times 57.1 \text{ pulg (largo} \times \text{ancho)} \\ &= 827.25 \text{ pulg}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Área total} &= 827.25 \text{ pulg}^2 \times 1 \text{ (número de cavidades)} \\ &= 827.25 \text{ pulg}^2\end{aligned}$$

$$\text{Fuerza de cierre} = 827.25 \text{ pulg}^2 \times 3 \text{ ton/pulg}^2 \text{ (factor de tonelaje)}$$

$$\text{Fuerza de cierre} = 2483.8 \text{ toneladas}$$

Por tanto, la fascia delantera es inyectada en una maquina tipo Husky de 3000 toneladas en planta inyección de la empresa.

### **2.3 Materiales de inyección**

La estructura interna de los plásticos determina sus propiedades fundamentales, esto es la diferencia con respecto de otros materiales. Los plásticos tienen densidad más baja que otros materiales debido a que sus cadenas son más desordenadas, esto provoca absorción de humedad comportamiento que en muchos casos afecta el procesamiento del material. La absorción de humedad depende de la polaridad de cada plástico, así los materiales no polares absorben poca humedad y los materiales polares absorben mayor humedad. Esta estructura afecta también la transparencia de los plásticos, si la estructura es amorfa, es decir, desordenada, el material es transparente y si el material presenta ordenamiento, es decir, cristalina, el material es translucido.

Otra propiedad que determina esta estructura, es la permeabilidad, donde si la estructura del plástico es compleja o muy cristalina, el material presentará elevadas propiedades de barrera y por el contrario si la estructura es amorfa la barrera será baja y permitirá el paso de algunos gases.

Los plásticos tienen una clasificación ampliamente usada que se basa en el comportamiento termo mecánico de los materiales, en los cuales los plásticos se agrupan en termo fijos y termoplásticos.

Los termoplásticos son resinas con una estructura molecular lineal, obtenida por proceso de polimerización o de policondensación, que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química, tal como se muestra en la Fig. 9.

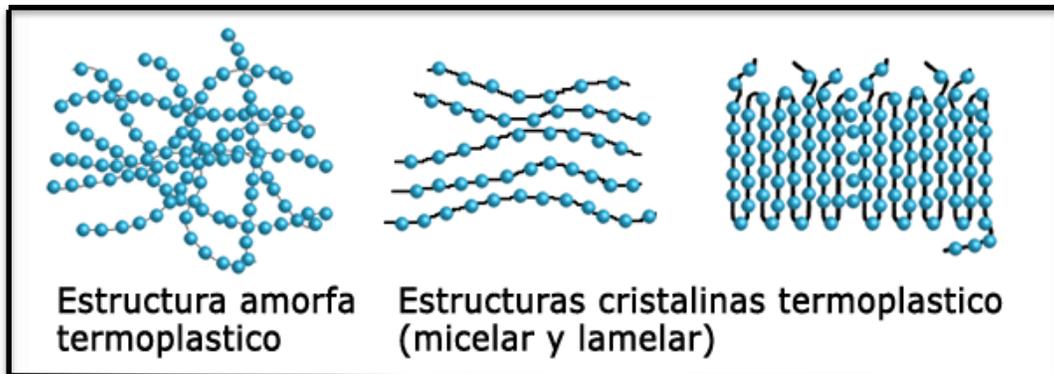


Fig. 9 Estructura de los termoplásticos

Las resinas termo fijas, también obtenidas por polimerización o policondensación, pueden ser fundidas una sola vez. Se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero con la aplicación continua del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas no se plastifiquen y sean insolubles, ver Fig. 10.

Los elastómeros, pueden ser termoplásticos o termo fijos, y tienen la capacidad de experimentar una gran cantidad de deformación elástica a temperatura ambiente.

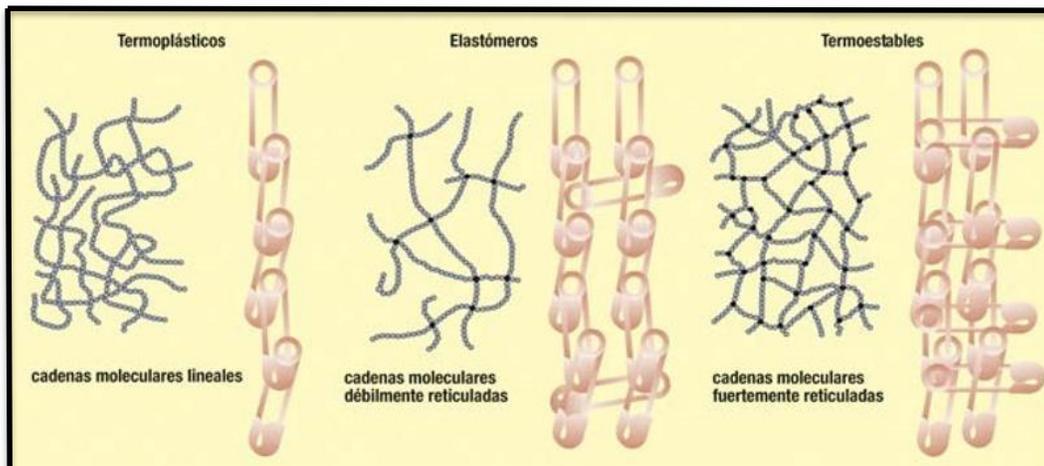


Fig. 10 Clasificación de los plásticos

### 3 Desarrollo del proyecto

Como líder de proyecto por parte del área de ingeniería, llevé a cabo el desarrollo del proyecto, que denominaremos proyecto CT 120, con la finalidad de establecer el programa de producción de la fascia delantera y fascia trasera para un modelo de automóvil para una planta armadora ubicada en la ciudad de Hermosillo al norte del país, en sus procesos de inyección, pintura y ensamble.

Dando inicio con la etapa de cotización con relación al cálculo del volumen de fascias, para esto contamos con los planos y dibujos de las fascias, además de la parte física y el math data, que es el modelo matemático, información electrónica del diseño de las fascias desarrollado en Catia y en formato o extensión igs.

En base al volumen de producción que es de 67000 unidades (vehículos) por año, nuestro volumen de producción de fascias delantera y trasera, es decir por sets, es de 134000 fascias por año, algunos factores que abarca el proceso de cotización son los siguientes:

- Cantidad de material a ser inyectado para cada fascia (el volumen de material depende del área de cada fascia).
- Cálculo del brisado de pintura para cada fascia
- Cantidad de componentes usados para el ensamble
- Componentes misceláneos como tornillos y tuercas de sujeción o fijación.

Al adjudicarse el proyecto y ser asignado al mismo, el proyecto lo inicio con la recopilación de datos de entrada que es la información enviada por nuestra contraparte en la división corporativa en Ontario Canadá, consistente en:

- Math data, modelo matemático electrónico en formato igs.
- Partes/componentes complementarios para el ensamble de fascias
- Absorbedor de impacto parte física y math data
- Parrillas superior e inferior, parte física y math data
- Fog lamp, parte física y math data
- Brackets superior e inferior, parte física y math data
- Documentación válida para calidad, amef, plan de control
- Comments page, lista de partes preliminar, especificaciones de materiales
- Timming del proyecto

Al conjuntar y asimilar toda la información que llega y por llegar durante el desarrollo del proyecto, llevo a cabo la formación del equipo multidisciplinario de trabajo (calidad, compras, inyección, pintura, ensamble), mismo equipo que está involucrado durante todo el desarrollo del proyecto, presente en la gestión del proceso APQP (planeación avanzada de calidad de producto), así como, el arranque del programa de producción.

### **3.1 Manufactura**

El proceso de manufactura es un área muy específico e importante que determina el diseño, fabricación o implementación de un producto, tal proceso tiene gran injerencia durante el desarrollo desde el concepto hasta el producto final. El moldeo por inyección es un tipo de manufactura de plásticos utilizado en la empresa tanto para la producción de fascias, así como sus demás componentes de ensamble.

Las diferentes fases del proceso de manufactura que contempla el proceso de inyección por moldeo, que ya se mencionó anteriormente en la introducción, así como, los procesos de pintura y de ensamble, engloban el proceso de fabricación que está implementado en la empresa para llevar a cabo la producción de autopartes plásticas, los cuales se especifican a continuación.

### **3.2 Try out de los moldes de inyección**

Al llegar los moldes de inyección (previa liberación en planta del fabricante en Canadá), procedo a realizar el try out correspondientes con la finalidad de liberar los moldes en la planta de la empresa, esto, coordinándome con el área de producción de planta inyección, procediendo a la preparación de actividades para dicho fin, tales como:

- Realizar solicitud de prueba de los moldes
- Coordinar con taller de moldes la preparación de los mismos
- Solicitar a almacén el material requerido
- Establecer equipo de operarios de planta inyección, encargado de llevar a cabo las pruebas, consistente en cuatro operaciones: inyección y botado de la pieza (fascia), recepción de la fascia, flameado de la pieza (rebabado) y colocación en contenedor de transporte interno o rack.
- Requerir la presencia del proveedor del material (proveedor Solvay).
- El área de producción establece la fecha de realización del try out, indicándome el día, hora y número de máquina de inyección.

El personal técnico de inyección, coordinado por el ingeniero superintendente en turno, establecen los parámetros de inyección para proceder a la realización del try out, estando presente el equipo multidisciplinario formado por calidad, inyección, proveedor de la resina y el líder del proyecto por parte de ingeniería. Se obtienen las primeras fascias que son evaluadas tanto por el ingeniero de calidad y el ingeniero de inyección, de acuerdo a los siguientes aspectos, detección de defectos, esta situación afecta de tal manera que las piezas sean rechazadas ya que no cumplen con las especificaciones, de tal manera que tanto el área de inyección como el área de calidad evalúan dichos defectos:

- Zonas de rechupes, este defecto es generado debido a que la pieza entra en contacto con la velocidad de enfriamiento. Entre otros factores son hundimientos que reflejan la contracción del material.
- Zonas de reflujo, es un defecto muy visible a contraluz con decoloración en la zona.
- Estrías, son generalmente causadas por humedad y visibles por su color blanquizco.
- Grumos, son notables en ciertas zonas debido al proceso de plastificación.
- Basura, partículas adheridas durante el proceso.
- Grietas, producidas debido a la tensión o deformación.
- Alabeo, no es más que una deformación provocada por tensiones internas debido entre otros factores a la presión de inyección.
- Mala apariencia, defectos a contraluz.
- Contracción (encogimiento no más de 2 mm).

Al ser evaluadas y validadas las primeras fascias, se procede a liberar los moldes en la planta. Posteriormente realizo una programación para llevar a cabo pruebas piloto, consistente en una solicitud de inyección de 100 sets (fascia delantera y trasera).

Anexo a los moldes de las fascias delantera y trasera llevé a cabo el try out correspondientes a los componentes complementarios de la fascia delantera consistentes en:

- Molde de inyección de la parrilla superior
- Molde de inyección de la parrilla inferior
- Molde de inyección del fog lamp
- Molde de inyección del bracket superior
- Molde de inyección del bracket inferior

Cada try out se realizó en base a un timing correspondiente a cada molde, que se llevaron a cabo estando presente el equipo multidisciplinario, calidad, inyección, proveedor de la resina y el líder del proyecto, con la finalidad de emitir la evaluación, así como la liberación de los moldes.

En este caso, la evaluación y liberación de estos moldes no tienen mayor problema ya que se definen y establecen los parámetros de inyección correspondientes a cada molde y las piezas inyectadas no presentan mayor problema, esto, debido a que las piezas son ensambladas solo en la fascia delantera, lo cual son piezas que no son pintadas, solo inyectadas y su evaluación es referente a presentar buena apariencia y que estén libres de defectos de inyección.

Consecuentemente realizo pruebas piloto de inyección correspondientes a los moldes de la parrilla superior e inferior, fog lamp, brackets superior e inferior. La cantidad inyectada para cada componente son los correspondientes a los 100 set de las fascias. Estas piezas inyectadas son validadas por parte del personal de inyección y solo deben estar libres de

defectos de inyección y por parte de calidad buena apariencia. Acto seguido de obtener los sets de las partes inyectadas ordeno el resguardo de las piezas en un área correspondiente, claramente identificadas y en espera del siguiente proceso.

### **3.3 Resina de inyección**

La selección del tipo de resina es fundamental para una aplicación correcta al inyectar el producto plástico, ya que este factor está en función de las especificaciones técnicas del material requeridas por el cliente.

Las resinas usadas para este proceso de inyección, son materiales con propiedades superiores a los materiales usados en otros productos plásticos. Las propiedades que presentan son buena estabilidad térmica, resistencia al impacto, alta temperatura de distorsión, alta resistencia tensil y mayor tenacidad. Algunos materiales de ingeniería utilizados en la fabricación de autopartes plásticas por parte de la empresa son:

- Termoplástico Valox 200
- Termoplástico Valox 400 UL
- Termoplástico Valox 900
- Termoplástico Valox 900 HD
- Lexan FL 900
- Lexan FL 1000
- Noryl FN 150
- Noryl FN 700

Estos materiales tienen ventajas como estabilidad dimensional física, excelente flujo, excelente lubricación, resistencia química estructural, estabilidad en color, estabilidad superficial, así como, buen comportamiento a la contracción.

Para el caso del material utilizado en este proyecto y después de realizar try out al respecto, el material usado fue el Dexflex 810 del proveedor Solvay. Esto basado en los resultados de análisis del material y de pruebas realizadas tanto aquí en la planta de la empresa como en Norplas Industries, INC., en Canadá, compañía del grupo.

Los resultados con respecto a las condiciones de proceso usados en el análisis, se presentan en las siguientes figuras. Las condiciones del proceso usados en el análisis fueron, los controles del manifold, con respecto al tiempo procesado en segundos, el perfil de velocidad representa en porcentaje el llenado de la parte a una velocidad constante a un tiempo determinado. Se muestra también el análisis con respecto a la temperatura de la boquilla que es constante a una temperatura de 446° F. La temperatura del molde se mantiene a 86° F para condiciones ideales de enfriamiento. Cualquier desvío de estos parámetros alteraría el resultado de este análisis, tal como se muestra en la Fig. 11.

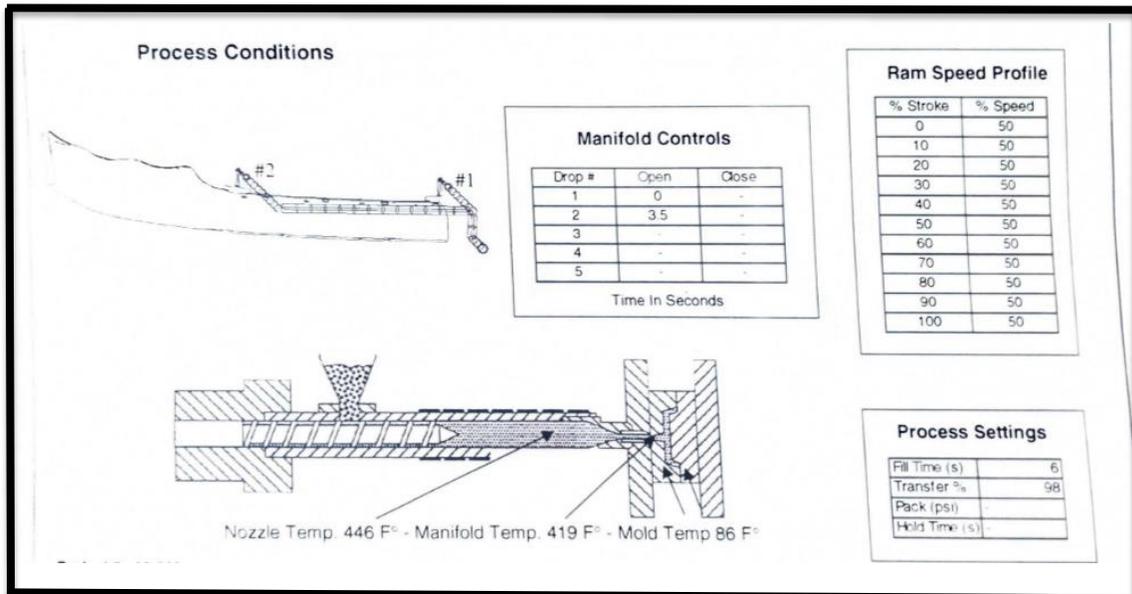


Fig. 11 Análisis de las condiciones del proceso

En la Fig. 12 se ilustra una representación del material Dexflex 810 a través del molde durante la etapa de inyección. La columna de la izquierda muestra la escala en segundos. Las distancias entre las líneas de contorno muestran la velocidad del material que va progresando a través del molde.

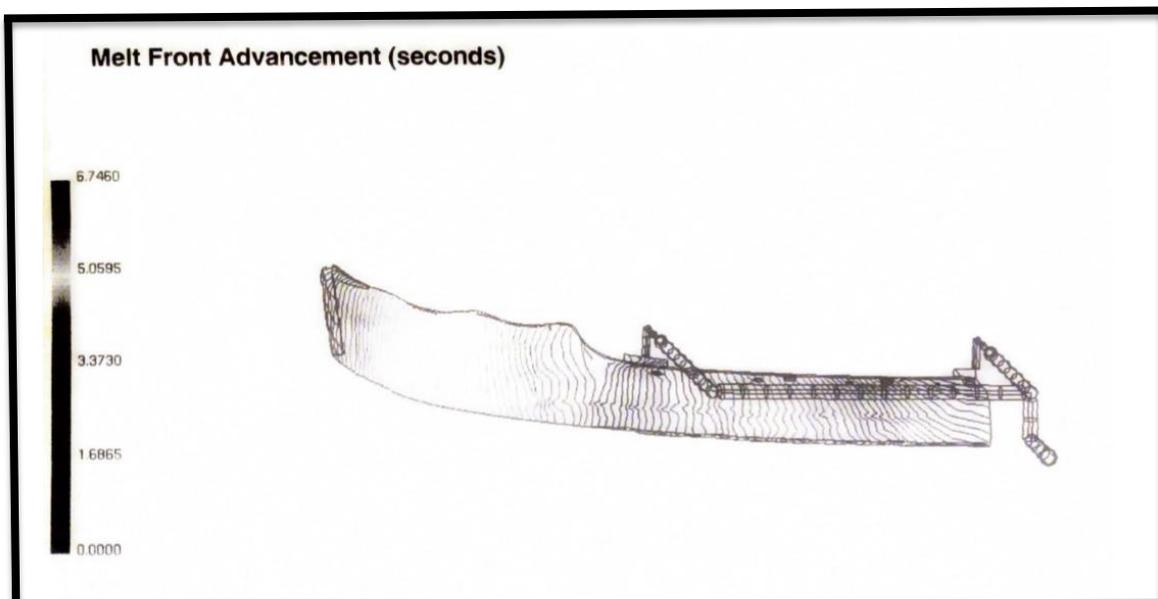


Fig. 12 Análisis del material Dexflex 810

En la Fig. 13 se ilustra la distribución representativa de temperatura volumétrica del material a través de la parte inyectada al final de la etapa de llenado. La columna del lado izquierdo indica la escala de tal distribución en grados Fahrenheit. En ciertas áreas de la parte pueden presentarse la posibilidad de zonas propensas al alabamiento, es decir, de acuerdo a la distribución de temperatura, presentar ciertas torceduras en la zona. Por otro lado, la baja distribución de presión al final de la etapa de llenado, disminuye el potencial de alabamiento.

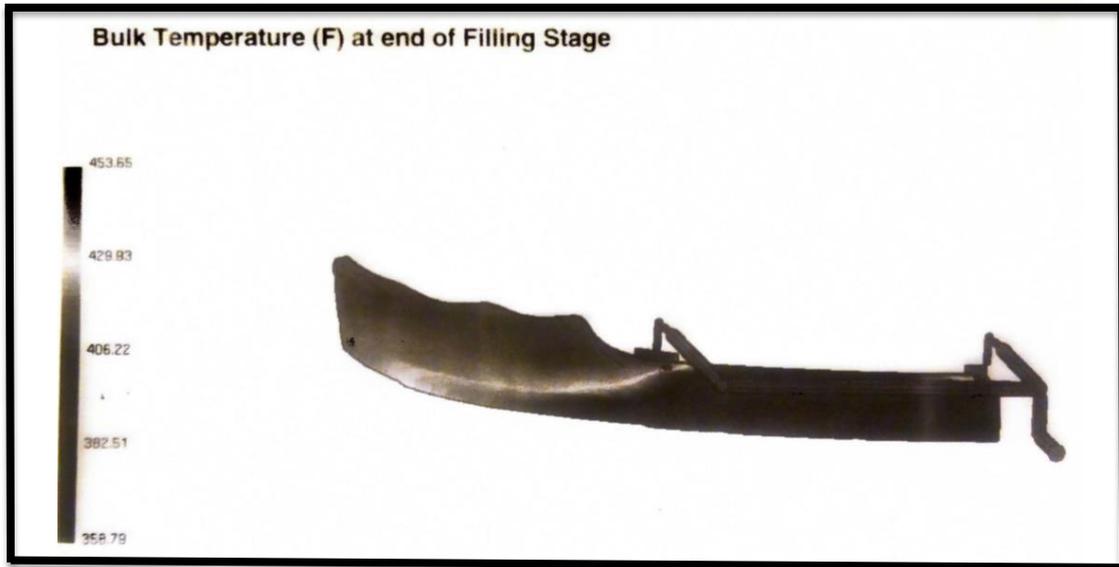


Fig. 13 Análisis de distribución de la temperatura

### 3.4 Contracción

El espesor de pared es un factor muy significativo que afecta en la contracción de la parte inyectada, un mayor espesor de la pieza moldeada implica que el material tenga un enfriamiento más lento, esto aumenta la solidificación y, por tanto, mayor contracción. La siguiente tabla de la Fig. 14, muestra los parámetros que afectan a la contracción.

PARAMETRO	EFEECTO EN LA CONTRACCION
<b>TEMPERATURA</b> Temperatura del fundido Temperatura del molde	Aumentar Disminuir
<b>PRESION</b> Presión de inyección Tiempo de pos presión	Aumentar Alargar
<b>GEOMETRIA</b> Espesor de pared Tamaño de la entrada	Disminuir Aumentar
<b>OTROS</b> Velocidad de inyección Ciclo total	Aumentar Alargar

Fig. 14 Tipo de parámetros que influyen en la contracción

Un aspecto muy importante son las tolerancias de contracción, cada medición crítica debe mostrar la dimensión nominal aceptable en cuanto a sus límites inferior y superior. Esto es un parámetro que influye en el costo de pieza inyectada y permite una economía más sana en la construcción de un molde. Por otro lado, las excesivas tolerancias fuera del marco dimensional nominal incrementan el costo de la construcción de un molde y, por tanto, incrementan el costo de la pieza inyectada.

Debido a estas circunstancias, se realizaron los análisis descritos anteriormente para determinar el comportamiento de la resina Dexflex 810, donde influyen los parámetros de la temperatura, flujo del material, presión de inyección, etc., factores que determinan el comportamiento de la contracción final al ser inyectadas las fascias.

La contracción es la diferencia del tamaño entre el molde y la pieza moldeada fría. Una de las causas principales es el cambio en la densidad que se produce cuando solidifica el polímero. Los polímeros cristalinos, por ejemplo, el acetal, el nylon, el polietileno de alta densidad y el polipropileno causan los problemas más serios con contracciones desde 1 hasta 4%.

Los polímeros amorfos, por ejemplo, el acrílico y el policarbonato son más tratables, con contracciones de tan solo 0.3 a 0.7%. La Fig. 15, muestra una combinación de factores de diseño y de control de proceso, para un mejor resultado de la contracción.

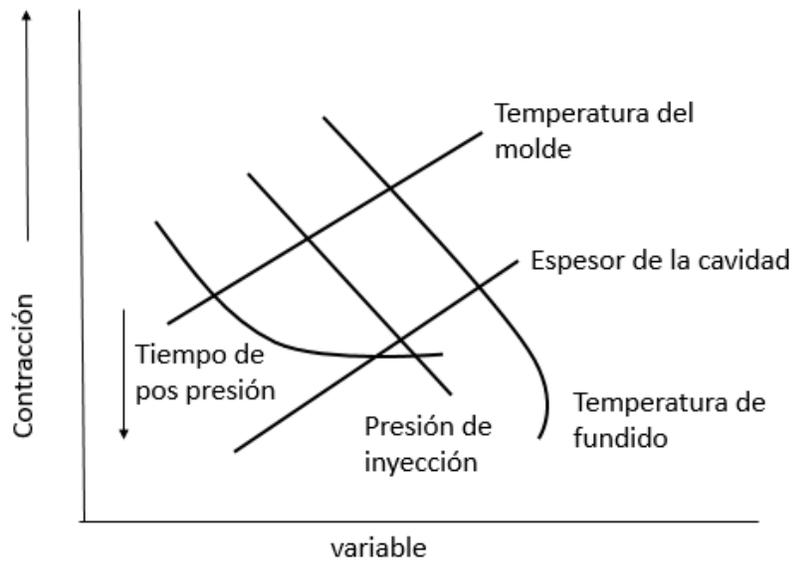


Fig. 15 Efectos de las condiciones de tratamiento en la contracción

De acuerdo a las pruebas de inyección con el material requerido, la resina Dexflex 810 del proveedor Solvay, y después del proceso de evaluación por parte de las áreas de inyección y calidad, las fascias tanto delantera como trasera del modelo desarrollado se muestran en las Fig.16 y la Fig. 17.



Fig. 16 fascia delantera



Fig. 17 fascia trasera

#### 4 Pruebas en planta pintura

En planta pintura de la empresa se utilizan dos sistemas de pintura:

- Sistema de pintura 1 de bajo horneado
- Sistema de pintura 2 de alto horneado

La aplicación de pintura es mediante el proceso de pintura electrostática Fig. 18, pintura en polvo que es un proceso alternativo a la pintura líquida, mediante la descarga electrostática a la pieza. La pintura que posee una carga opuesta, se adhiere a toda la superficie por atracción inclusive en los puntos más arrinconados de la pieza, de esta manera, toda la superficie queda pintada. Posteriormente, después de pasar por la etapa de aplicación de pintura, se introduce a un horno de curado donde la pintura se funde y fija, logrando así, una adherencia y resistencia idónea.

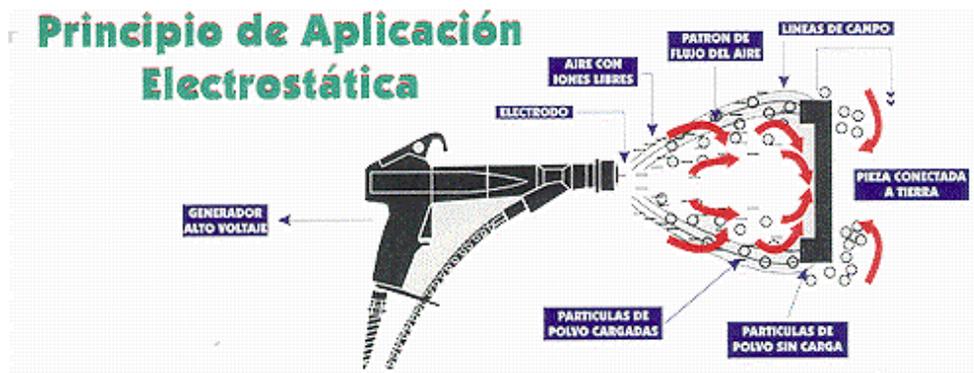


Fig. 18 Aplicación de pintura electrostática

Posteriormente emito una solicitud de prueba para planta pintura para llevar a cabo el pintado de las fascias tanto delantera como trasera. El color a pintar lo selecciono de alguno disponible por el proveedor, obviamente uno requerido por el cliente, el sistema de pintura a usar es el sistema de alto horneado, esto debido a que el color es del tipo metálico o bicapa, los colores con características de una capa se someten al sistema de pintura de bajo horneado. Las ejecuciones de las pruebas de pintura están en función de los programas de producción.

El proceso de pintado es el siguiente, los racks conteniendo las fascias son colocadas en el conveyor del sistema, el cual se introduce a cierta velocidad constante, la primera etapa consiste en la aplicación del primer 2K (aplicación de la protección y base de la superficie), la segunda etapa comprende la aplicación de la pintura electrostática y aplicación de un flasheo que es una descarga eléctrica para la fundición de la pintura y finalmente la tercera etapa que comprende la aplicación de una laca que aporta la protección de la pintura y el brillo, finalmente el secado de las fascias.

#### 4.1 Evaluación y defectos

Al obtener las fascias pintadas procedo junto con el equipo multidisciplinario, en este caso, el ingeniero de calidad (laboratorio calidad pintura) y el ingeniero de planta pintura, personal que dan la evaluación y aprobación de las partes pintadas, las cuales deben de estar libres de los siguientes defectos, un ejemplo se muestra en la Fig. 19.

- Basura
- Golpe
- Contaminación
- Defectos de rack
- Defectos de inyección (este defecto es más visible al estar pintada la pieza)
- Deformación
- Piel de naranja

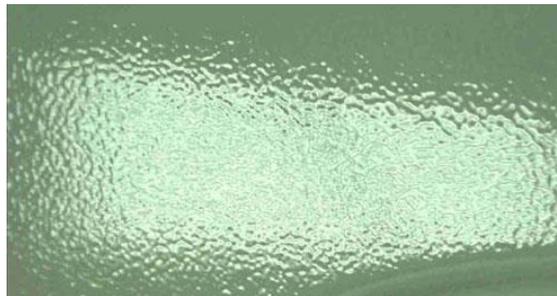


Fig. 19 Defecto piel de naranja

A partir de este punto, obtengo un set de fascias evaluadas que son aprobadas por el staff de calidad de planta pintura, con los debidos lineamientos de aprobación, así como, pruebas de laboratorio de calidad. Con la finalidad de enviarlas a nuestra contraparte en Ontario y obtener su aprobación correspondiente.

Hasta este punto, hay fascias rechazadas, debido a las partes al pasar por el proceso de pintura son muy perceptibles los defectos y con relación a la apariencia son muy visibles, por tales circunstancias el rechazo de partes es evidente. Los procesos realizados

son parte de pruebas piloto hasta llegar al producto ensamblado y presentado como producto final.

Durante este proceso, existe una etapa que es parte de la gestión de lineamientos y requerimientos, en este caso son omitidos, debido a que es un proceso meramente administrativo, pero son requeridos a detalle cuando el proyecto pasa a ser un programa de producción.

Para la solución de estos problemas generados por las pruebas en planta pintura, con relación a las fascias rechazadas, realizo un plan de recuperación junto con el equipo multidisciplinario consistente en someter a un proceso de evaluación las partes rechazadas en cada uno de los defectos y, de acuerdo a tal evaluación, se determinan las partes que son aptas para recuperación. Posteriormente a esta evaluación, las partes seleccionadas se envían al área de recuperación y lijado, donde el personal de staff de calidad aplica los lineamientos correspondientes, es decir, se seleccionan las partes recuperables para que sean sometidas nuevamente al proceso de pintura.

Cabe resaltar que este proceso de recuperación de partes es un proceso establecido por parte del área de calidad y es aplicable a todos los programas de producción.

## **5 Pruebas en planta ensamble**

Contando con la cantidad evaluada y validada por calidad e inyección, así como calidad pintura, tanto de las fascias delantera y trasera (partes pintadas), las parrillas superior e inferior, fog lamp (alojamientos donde van los faros de niebla), brackets superior e inferior (soportes para parrilla superior y parrilla inferior respectivamente), procedo a solicitar la prueba de ensamble, previamente emito un documento denominado hoja de instrucción de ensamble (preliminar), para fascia delantera y otro documento para fascia trasera.

Así mismo, realizo un curso previo de instrucción al equipo formado por operarios de planta ensamble, donde les instruyo acerca de todos los componentes que llevan cada una de las fascias, así como el proceso de ensamble, el número de operaciones que corresponden a cada fascia y la aplicación de materiales se mencionan algunos necesarios tales como:

- Cinta doble tape
- Tuerca tipo U
- Tornillos helicoidales de sujeción
- Solvente promotor

Al inicio de las pruebas de ensamble, todo el proceso se realiza en forma manual, posteriormente al desarrollo de las pruebas piloto, se definen operaciones de ensamble,

así como, la introducción de herramientas y dispositivos que se necesitaran para una optimización del proceso.

Al término de las pruebas piloto la finalidad es determinar y definir los procesos de acuerdo a los requerimientos de producción, así como la capacidad de proceso tanto de planta inyección, planta pintura, planta ensamble, tipo de rack tanto de transporte y embarque, así como de uso interno, también se definen los racks y contenedores para las partes correspondientes a los fog lamp, parrillas superior e inferior y los brackets superior e inferior.

### 5.1 Pruebas de ensamble en carrocería

Al obtener el primer set de fascias ensambladas, procedo a la prueba de ensamble en carrocería, previo requerimiento de un chasis del modelo al cliente. Esta prueba de ensamble a la carrocería tiene la finalidad de determinar los defectos del mismo y evaluar las holguras pertinentes en la carrocería, así como, en el ensamble mismo de las fascias.

A continuación, se muestra en la siguiente ilustración, Fig. 20, una representación de un análisis físico y dimensional en el ensamble de la fascia delantera con respecto al gap y alineación de ajuste, las dimensiones están representadas en mm.



Fig. 20 Análisis físico en el ensamble

En este proceso con la finalidad de llevar a cabo las inspecciones, así como unificar los criterios de inspección se recurren a herramientas que ayudan a asegurar la calidad a través de hacer más fácil si un problema detectado está dentro de los parámetros de

aceptación. A continuación, las figuras siguientes muestran algunas herramientas utilizadas en este proceso de inspección y su función dentro del proceso de calidad.

- Medidor de holguras. Mide la holgura entre laminas que una vez instaladas, presentan interacción entre ellas, por ejemplo, la parte del remate con la fascia delantera como se ve en la Fig. 20. Este instrumento de medición mostrado en la Fig. 21, también asegura la geometría entre los paneles ya instalados de la carrocería.

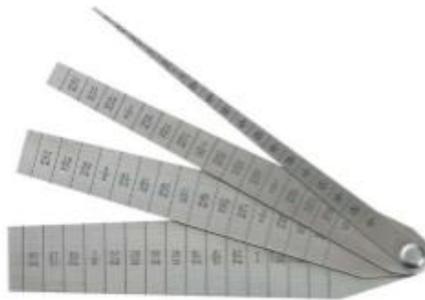


Fig. 21 Medidor de holguras

- Medidor de enrasés. Su función es comparar la altura entre dos laminas (superficies), para asegurar la geometría entre las partes instaladas del vehículo, tales como puertas, cofre, salpicaderas, etc. Fig. 22.



Fig. 22 Medidor de enrasés

## **6 Procesos de aprobación**

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron situaciones de cuestión técnica, de los cuales tuve que confrontar con determinada actitud para resolverlos. Tanto en las áreas de inyección, pintura, ensamble, así como, confrontar problemas de procesos, revisión de materiales, fabricación de racks, etc., tuve que programar prioridades en determinadas áreas para dar solución óptima y precisa. Todo con la finalidad de cumplir con los requerimientos establecidos y especificaciones del cliente, para dar pauta al cumplimiento de los procesos de aprobación.

### **6.1 Planta inyección**

Durante los procesos de try out y pruebas tanto de inyección, pintura y ensamble tuve que afrontar diferentes problemas en los cuales la toma de decisiones para solventar los mismos fueron muy importantes, apegándome a los diversos requerimientos tanto del cliente, requerimientos de ajuste en cuanto a la apariencia, cambio de componentes, cambios de proceso, así como, la generación de ciertas modificaciones a los moldes de inyección, que fue uno de los principales problemas a resolver.

En la fascia delantera se presentó un detalle de ajuste en cuanto a la sujeción al ensamblar la parrilla superior, al revisar el ensamble observe que necesitaba de un apoyo para una mayor fijación y evitar que la parrilla quedara un poco floja. Tome la decisión de modificar el molde de inyección bajo las siguientes especificaciones técnicas:

- Adicionar un ribs (tipo de costilla o inserto), en la zona de sujeción con la parrilla, esto generaría el apoyo de sujeción.
- Previo a la modificación realice un estudio de factibilidad de que es posible tal modificación. Tal decisión la tome en base a la revisión de los planos del molde, corroborando que no existía alguna obstrucción (conexiones hidráulicas, manifold) en la zona donde sería colocado el ribs.
- Junto con el jefe de taller de moldes acordamos generar un inserto mediante la introducción de un electrodo en posición angular, mediante este proceso se generaría el ribs requerido al ser inyectada la fascia.
- Convoco al ingeniero de inyección, ingeniero de calidad-inyección para informarles sobre la decisión y llevar a cabo la modificación.
- Informo a la contraparte (program project en Ontario), y en base a las especificaciones técnicas de cotización, se decide que la modificación del molde se realiza en la empresa, aquí en México.
- Se lleva a cabo el try out con la modificación (considerada una mejora en el proceso), para revertir el detalle de sujeción en el proceso de ensamble de la parrilla superior.

## 6.2 Metodología 8D's

Para solucionar los problemas que se generaron con relación a la modificación de moldes, recurro a la metodología 8D's, que es una metodología para identificar y corregir problemas siendo de gran utilidad en la mejora de productos y procesos, enfocándonos en el origen del problema y mediante la determinación de la causa raíz. A continuación, en la Fig. 23, se muestra el diagrama de flujo para efectuar la metodología.

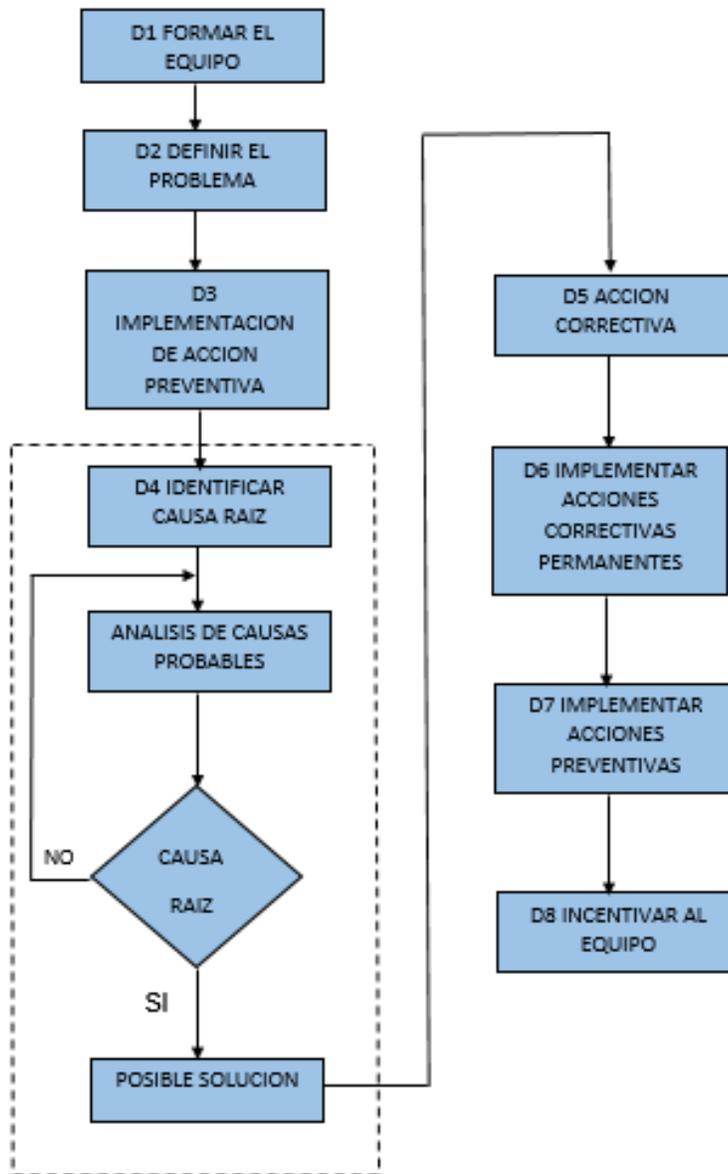


Fig. 23 Diagrama de flujo metodología 8D's

Se enlista en forma secuencial el proceso que lleve a cabo para la solución del problema para la modificación del molde de la fascia delantera, aplicando la metodología 8D y enlistándola tal como lo indica el diagrama de flujo.

**D1.-** Se forma un equipo de personas que poseen la experiencia en la actividad en cuestión, que tengan injerencia funcional y que puedan hacerse cargo de esta responsabilidad y con capacidad para dar una solución correcta. El equipo está formado por el jefe de taller de moldes (inyección), ingeniero de calidad (calidad), ingeniero de inyección (inyección) y por el líder de proyectos (ingeniería).

**D2.-** Definición del problema. Se define como una mejora para el correcto ajuste de ensamble de la fascia delantera a la carrocería, sometiendo a un estudio de factibilidad de modificación del molde, esto es, generar un ribs o inserto en el molde, de tal manera que con la posterior inyección la fascia tenga este ribs adicional, parte integral de la fascia.

**D3.-** Implementación de acción preventiva de contención. En este caso afortunadamente el problema está en etapa piloto y el tiempo de respuesta está dentro del timing.

**D4.-** Identificar causa raíz. La causa raíz del problema está enfocada en el enrase de la fascia sobre la carrocería, de allí que se requiriera específicamente la adición del ribs. Se realizó un análisis a detalle con los miembros del equipo mismos que estuvieron presentes en el ensamble de la fascia sobre la carrocería, evaluando cada posible solución y llegando a la determinación y elección de la propuesta de adición del ribs.

**D5.-** Acciones correctivas. La implementación de acciones correctivas para solucionar el problema, fue realizar un estudio de factibilidad que realice junto con el jefe de taller de moldes. Revisando los planos del molde de la fascia delantera, determinamos que en la posición donde va el ribs, no existe obstrucción alguna de conexiones, cámara de comunicación, manifold, mangueras, es decir, es factible la colocación del ribs, por tanto, se procedió a la realización de los lineamientos correspondientes para la modificación del molde. Como líder del proyecto envió el análisis del estudio de la solución del problema a la dirección de la empresa, así como a la contraparte en Canadá, reenviándonos su aprobación y dándonos luz verde para ejecutar la modificación.

**D6.-** Implementar acciones correctivas permanentes. La modificación del molde implemento dichas acciones, es decir, después de haber desarrollado y probado la solución se planeó la implementación y posteriormente se verifico que su funcionamiento fue correcto por lo cual no se presentó recurrencia.

**D7.-** Implementar acciones preventivas. Los resultados obtenidos permitieron la implementación de estas acciones de prevención en otros proyectos con problemas similares y así evitar la recurrencia.

**D8.-** Se procede a Incentivar el esfuerzo del equipo, de esta manera la empresa tiene la confianza de contar con personal eficaz. Con esta implementación se da como resultado en los procesos menos incidencias y mayor eficiencia en los proyectos, así como un mejoramiento continuo.

Con relación al molde de la fascia trasera este no presenta detalle alguno y su aprobación es inmediata. En cuanto a los moldes de los demás componentes solo se presenta el detalle de apariencia de texturizado, y este detalle recae en el tipo de material (resina), tanto para las parrillas superior e inferior, fog lamp y los brackets superior e inferior. Estas muestras son comparadas contra un master y a petición el cliente envía un requerimiento de cambio de material.

Para dicho requerimiento me pongo en contacto con el proveedor de la resina en este caso, la compañía Solvey y de acuerdo al tipo de material requerido por el cliente, programo el try out correspondiente al cambio de resina y nuevamente se lleva a cabo el try out estando presente en el mismo, el equipo multidisciplinario formado por calidad, inyección y el proveedor de Solvey.

Envío muestras evaluadas en inyección con la aplicación del nuevo material a la contraparte en Ontario, y estas en su proceso de evaluación son aprobadas. Este es el proceso de aprobación para cada una de las partes y componentes complementarios.

### **6.3 Planta pintura**

En este proceso los problemas a los que me enfrente fueron sobre todo en cuanto a los defectos que presentaba las partes pintadas (fascia delantera y fascia trasera), los cuales en cuanto al proceso de inyección algunos defectos no se detectaban si no que estos eran visibles cuando la pieza ya estaba pintada.

Algunos de estos defectos eran, zonas de reflujo estos eran visibles cuando se realizaban las pruebas a contraluz, es decir, se llevaba a cabo este proceso de prueba preliminar contra la luz natural, normalmente se llevaba a cabo en días asoleados y de preferencia en un horario de 7 a 9 am cuando la luz del sol se proyecta a cierto ángulo.

El proceso definitivo de aprobación es emitido por el laboratorio de calidad de planta pintura, esto de acuerdo, contra el master de color y pruebas realizadas con el proceso de análisis de laboratorio denominado X-rite. El jefe de laboratorio calidad emite esta aprobación, de acuerdo al color requerido este es suministrado por los proveedores de pintura PPG y DuPont, según sea el caso. Esta aprobación se enfoca abarca el tipo de tono y espesores de pintura. Aquí en este proceso son aplicados los lineamientos de aprobación denominado APOPS que son los procedimientos de evaluación y aprobación de planta pintura y proveedores.

Otros defectos muy comunes que se presentaban también eran marcas, estas eran generadas por la posición de la fascia en el rack. La posición en ocasiones era fija, el problema de estos defectos lo solucione llevando a cabo modificaciones en los racks de

pintura, diseñe un rack de tres posiciones, de manera que estos fueran abatibles, es decir, podían ser girados a un cierto ángulo conforme se transportaban sobre el conveyor del sistema de pintura y así al ser aplicado el brisado de pintura se presentaba una mejor distribución del brisado evitando así, escurrimientos, así como las marcas.

El diseño del rack contemplaba posicionar tres fascias sobre un mismo rack y el abatimiento de posición era ejecutado por un operario dentro del sistema de pintura, esta acción se realiza al entrar el rack en cada estación del sistema de pintura, desde la aplicación del primer.

Cabe enfatizar que los sistemas de pintura 1 de bajo horneo y sistema de pintura 2 de alto horneo, tienen el proceso de aplicación de pintura electrostática, el cual tiene como ventajas, mejores acabados, así como, una aplicación de pintura extremadamente adherente y termo endurente, además, la capa de pintura electrostática da una mejor homogeneidad de espesor de pintado, el brisado de aplicación es ejecutado por brazos robots, garantizando así, una aplicación continua y constante de la pintura. En la siguiente Fig. 24, se muestra una representación del sistema robotizado del proceso, que tiene la planta pintura de la empresa.



Fig. 24 Sistema robotizado en el proceso de pintado

## **7 Fabricación de racks para planta pintura**

El objetivo del diseño de racks para pintura es de vital importancia para el proceso de las partes que requieren ser pintadas. Para el proyecto se tuvo la necesidad del diseño de tres tipos de rack.

- Rack de contorno para fascia delantera y rack de contorno para fascia trasera: tiene el mismo contorno físico de la fascia ajustándola a su forma, diseñados por el proveedor.
- Rack de pedestal abatible (para ambos racks de contorno): de tres posiciones y es donde se monta el rack de contorno que contiene a la fascia, diseñado por ingeniería.

Esto con la finalidad de que un buen diseño de este herramental, nos proporcionara una funcionalidad idónea y así, evitar defectos que, en algunos casos, es difícil detectar, sino hasta que la pieza está pintada. Por tal motivo, me enfrenté al reto de diseñar en lo personal el rack abatible de pedestal, adecuándome a los requerimientos de las normas de calidad que establece la planta.

En primer lugar, establezco los lineamientos de dimensiones geométricas, tolerancias y factores de manejo de materiales que deben cumplirse en la fabricación de racks para pintura. El diseño del rack lo realizo en base a las referencias y comportamiento de otros racks para pintura ya fabricados y que son usados para pintar fascias similares. Tomando ciertos parámetros dimensionales como son:

- Dimensiones generales de las fascias.
- Dimensiones internas del sistema de pintura (túnel, conveyor).
- Altura permitida en el túnel.
- Tipo de posiciones.
- Si la posición es fija o abatible.
- Cantidad de piezas que serán colocadas en el rack (máximo 3 piezas por dimensiones de la fascia y altura del túnel del sistema de pintura).
- Peso del rack.
- Altura del pedestal.

Referencias que me permiten garantizar que no exista interferencia cuando se aplica el abanico de brisado de pintura durante el proceso de pintado de las fascias.

Contando con las referencias dimensionales, teniendo como información disponible el math data (el diseño electrónico de las fascias), procedo al diseño del rack utilizando un software de CAD y generando el diseño en concepto 3D.

Teniendo ya el diseño del rack con sus dimensiones generales externas, lo proyecto tridimensionalmente para cerciorarme que no existan interferencias en cuanto a las dimensiones de espacios de accesos en los túneles y áreas de transferencias dentro del sistema de pintura.

Por el área de ingeniería y responsable del diseño, desarrollo e implemento la fabricación de racks para pintura cubriendo la etapa de diseño, así como, la supervisión de la fabricación de racks en la planta del proveedor externo (por medio de licitación se

seleccionó al proveedor fabricante), y llevar a cabo las pruebas de los racks en planta pintura hasta obtener la aprobación.

Cabe resaltar que la aprobación de los racks para pintura está en función de la eliminación de todos los defectos en las fascias pintadas, así como el cumplimiento de los requerimientos que establece el procedimiento de planta pintura de la empresa.

Todos los dibujos resultantes del diseño los realicé de acuerdo a los procedimientos de Estandarización y Asignación de Números de Control de Dibujos de Ingeniería de la empresa. A continuación, las Fig. 25 y la Fig. 26 representan el diseño de rack de pedestal abatible utilizado en el sistema de pintura.

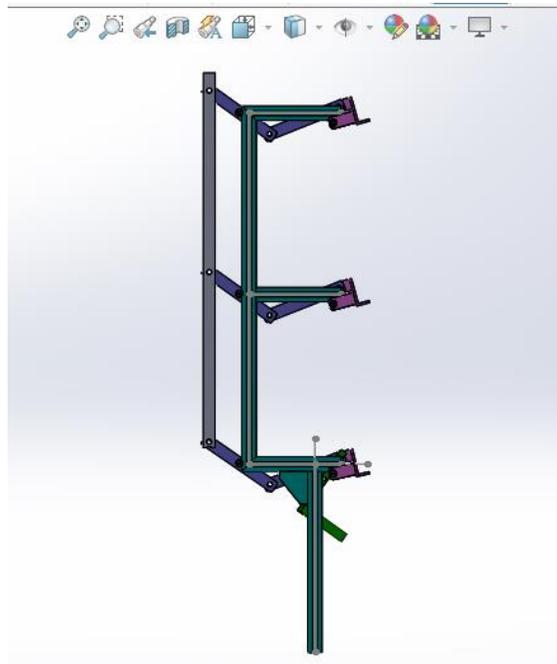


Fig. 25 Rack de pedestal abatible en vista de perfil

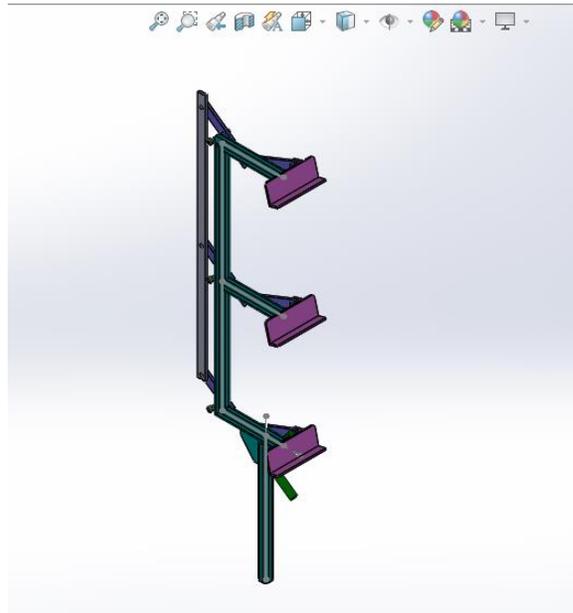


Fig. 26 Rack de pedestal abatible en isométrico

En el rack de pedestal es montado el rack de contorno con la fascia delantera, tal como se ve en la Fig. 27, el rack está provisto de un mecanismo que hace posicionar las fascias en tres posiciones, proceso en el cual, la aplicación del brisado de la pintura tendrá un mejor efecto sobre las superficies de las fascias.

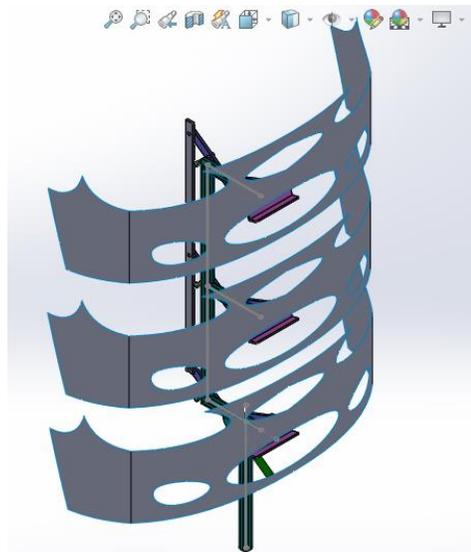


Fig. 27 Montaje de fascia delantera en rack de pedestal abatible

Se sigue el mismo proceso de montaje para el rack de contorno para fascia trasera en el rack de pedestal. Tal como lo muestra la Fig. 28.

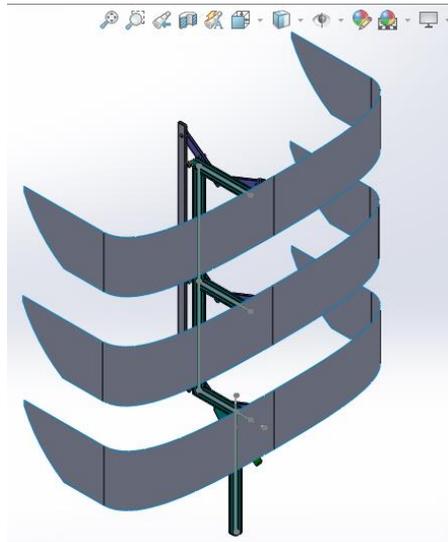


Fig. 28 Montaje de fascia trasera en rack de pedestal abatible

El posicionamiento de estos racks sobre el conveyor del sistema de pintura es muy práctico. El rack abatible con pedestal va montado sobre un Dolly que mediante, un sistema de transporte accionado por cadena, es transportado hacia el interior del sistema, comenzando así el proceso de pintado de las fascias.

Dentro del sistema de pintura, las fascias pasan por seis estaciones comenzando por el lavado de las mismas, aplicación del primer y posteriormente a la aplicación de la pintura electrostática realizada en cuatro estaciones, hasta llegar al sistema de horneado (secado). Todo el proceso es vigilado por supervisores e ingenieros de planta pintura, teniendo una duración aproximadamente de dos a tres horas, dependiendo del color aplicado y cantidad de partes a pintar.

## 7.1 Racks y contenedores para transporte interno

Con relación a los racks para el transporte interno de las fascias tanto delantera y trasera, la planta tiene en resguardo tres tipos de tamaño de racks para transporte interno, de acuerdo a las dimensiones generales de las fascias, selecciono el tipo de racks tanto para la fascia delantera y racks para la fascia trasera. Estos racks de uso interno se usan

tanto para la planta inyección, planta pintura y planta ensamble. La cantidad de fascias por cada rack, esta especificada de la siguiente forma, el rack tiene 3 repisas, por cada repisa tiene un cupo de 11 fascias, es decir, cada rack tiene un cupo de 33 fascias, Fig. 29 y Fig. 30.

Con respecto a los contenedores para los componentes de las fascias como lo son, parrillas superior e inferior, fog lamp, brackets superior e inferior, llevo a cabo el mismo procedimiento para desarrollo del diseño de los contenedores, de acuerdo a los procedimientos internos de la planta. Posteriormente la selección del proveedor, la construcción de prototipos de contenedores e implementación de pruebas en planta inyección. De esta manera se obtiene la aprobación y se emite la requisición de compra especificando la cantidad de contenedores para cada pieza componente, Fig. 31 y Fig. 32.

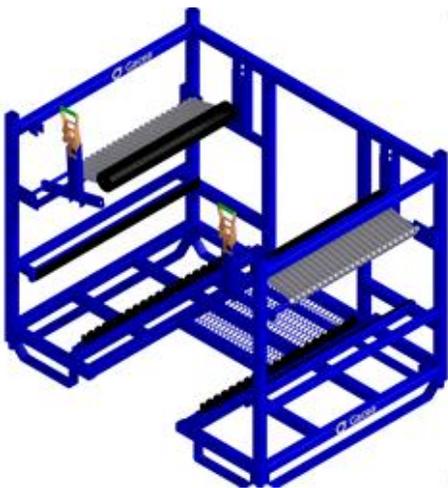


Fig. 29 configuración de rack



Fig. 30 rack de almacén y embarque



Fig. 31 rack de lona



Fig. 32 estiba de racks en almacén

## **7.2 Materiales de fabricación**

Con la responsabilidad de proporcionar un diseño de racks para pintura confiables y que garanticen la calidad de la pieza plástica que se proyecta pintar, de acuerdo a los procedimientos internos de Desarrollo de Proveedores de Servicios, Equipos, Herramientales y Partes de Ensamble. Realizo y emito las especificaciones del material a usar para la fabricación de los racks para pintura, esto como medida de implementación en las áreas productivas de la empresa.

Por la cantidad de racks a ser utilizados para el proyecto, la capacidad de fabricarlos dentro de la empresa es limitada. Por tal motivo tomé la decisión de que un proveedor externo efectuó la fabricación.

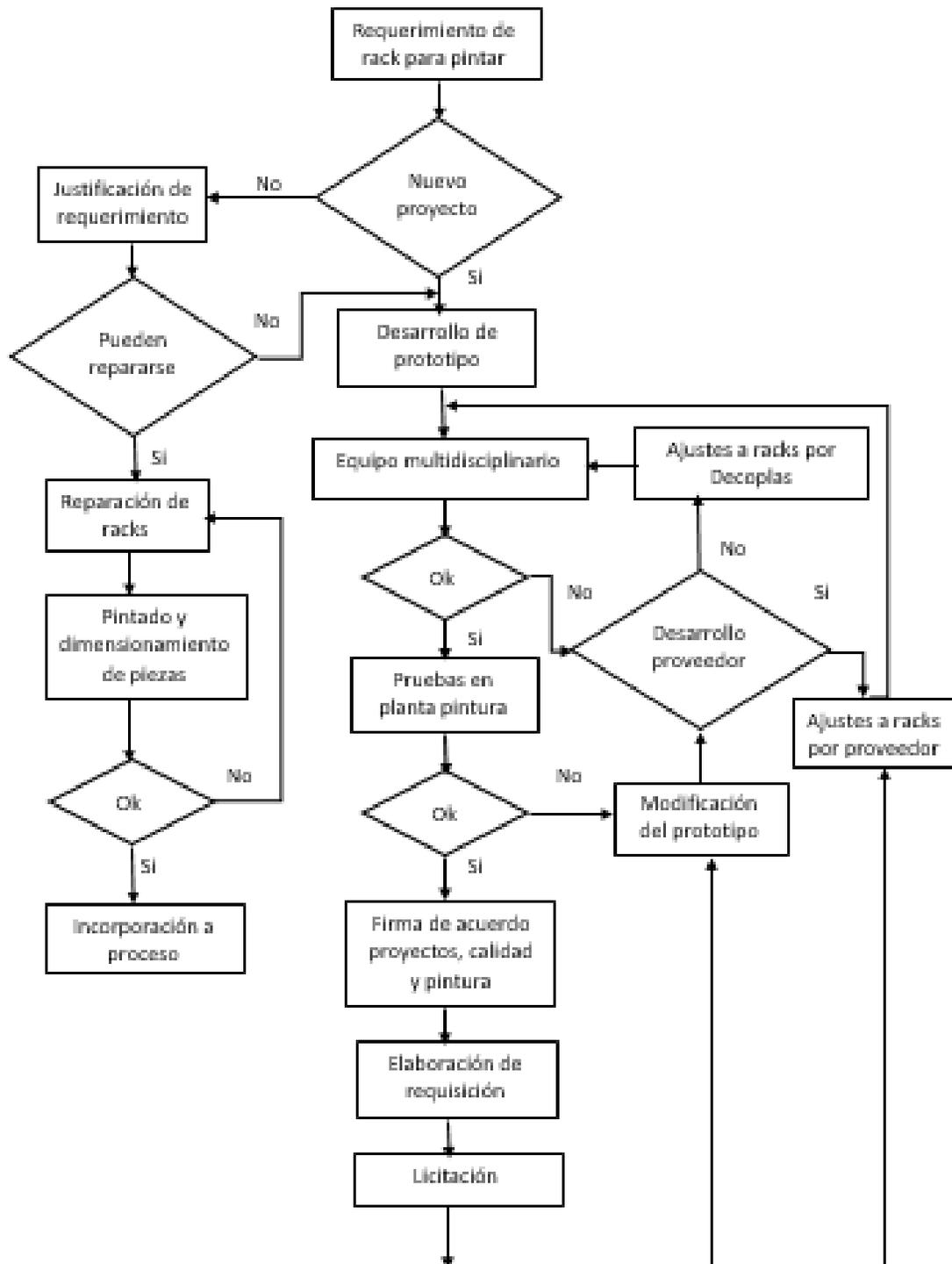
Como líder de proyecto realizo el proceso de requisición correspondiente a la compra de los racks para pintura, apegándome al procedimiento interno del departamento de compras, quien a la vez coordinara internamente el proceso de compra con el cliente (en este caso el líder de proyecto), y el proveedor. Como líder de proyecto realizo la selección del proveedor de acuerdo a las especificaciones técnicas y comerciales (precio, material, tiempo de entrega), y el cual es sometido a licitación, teniendo la participación de por lo menos tres proveedores. Los proveedores participantes han sido evaluados y cuentan con la certificación correspondiente y aprobados como tales, por el departamento de compras de la empresa.

Al seleccionar el proveedor, se inicia el proceso de construcción de un prototipo del rack, con la finalidad de someterlo a pruebas en planta pintura y dar la aprobación como herramental de producción, de acuerdo al procedimiento interno de la empresa, denominado, Aprobación de Herramientales para Producción.

## **7.3 Requisición de compra**

Para la adquisición de equipos y herramientas, en este caso, realizo la requisición correspondiente para la adquisición de los racks para pintura indicando la cantidad de racks para pintura a fabricar. Compras se encarga de emitir la orden de compra correspondiente.

Así como también realizo todas las requisiciones relacionadas a los componentes, materiales, equipos, dispositivos, herramientas, empaques, embalajes, servicios, y productos misceláneos utilizados en los procesos, toda requisición apegada a los procedimientos internos del departamento de compras. A continuación, la Fig. 33 muestra el diagrama de flujo que desarrollé para la adquisición de racks para pintura.



Continuación del diagrama

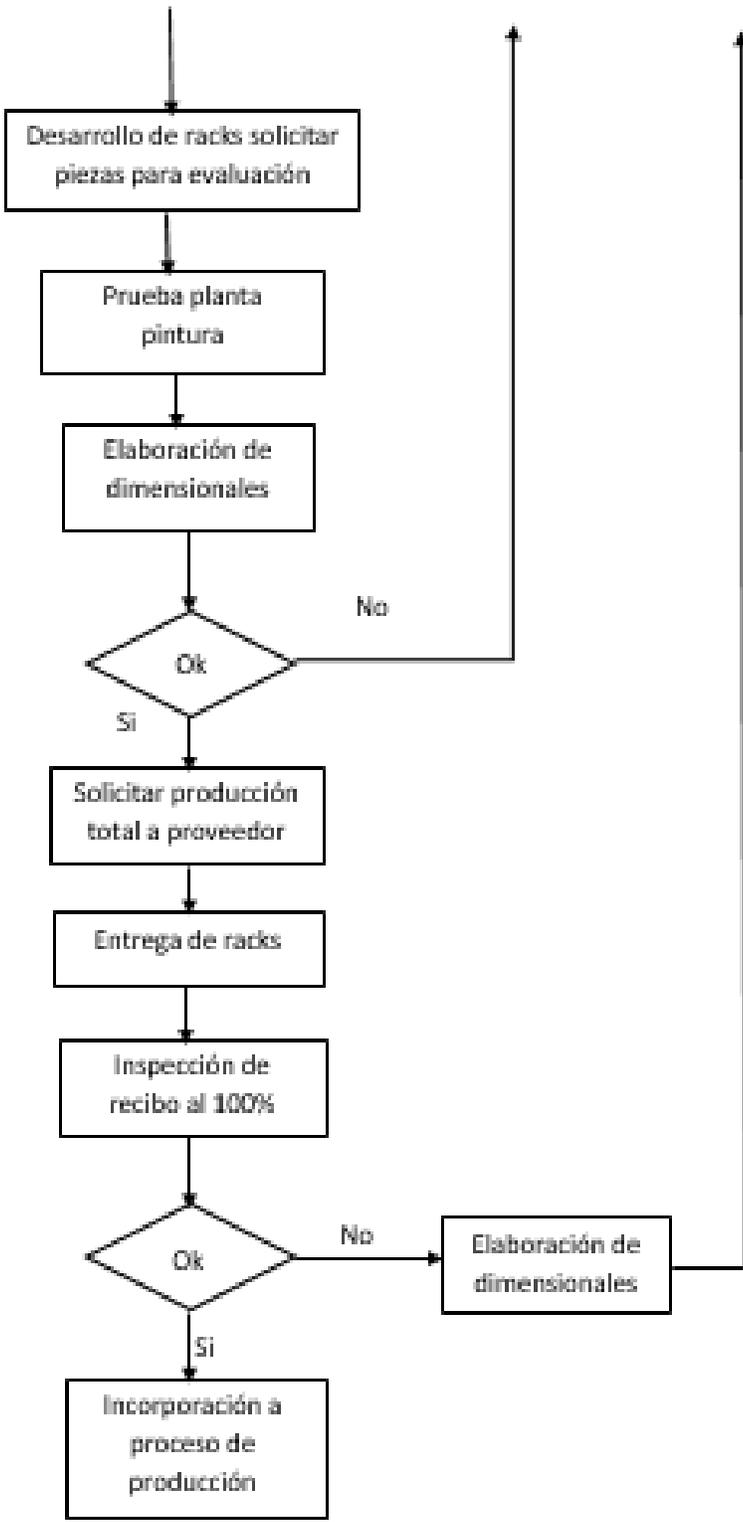


Fig. 33 Diagrama de flujo para adquisición de racks para planta pintura

#### **7.4 Control de producción**

Coordino con el área de control de producción que da el soporte a través de sus almacenes, para recibir, registrar, controlar y almacenar los racks para pintura de acuerdo a los siguientes procedimientos internos de la empresa:

- Procedimiento para recepción de racks para pintura
- Procedimiento para identificación y control de racks para pintura
- Procedimientos de registro y control de dispositivos de uso interno
- Desarrollo de herramientas nuevos

#### **7.5 Producción pintura**

Coordinándome en conjunto con el área de pintura que da soporte en todos los eventos y actividades correspondientes en el desarrollo y fabricación de los racks para pintura dentro de la empresa, y quien finalmente es el que controla el mantenimiento, limpieza, recuperación y conformado de los racks para los sistemas de pintura de acuerdo a sus procedimientos internos de Control de Mantenimiento y Conformado de racks para pintura. El área de pirolisis dependiente de planta pintura es el área encargada de llevar a cabo todas estas actividades, cuando los retrabajos no sobrepasan la capacidad (en cuanto a cantidad de racks o complejidad del retrabajo), son realizados en esta área, de lo contrario son enviados con el proveedor fabricante.

#### **7.5 Desarrollo de números de parte**

Durante el desarrollo e implementación de procesos, se van generando e incrementando las necesidades para mejoras en los procesos y la creación de nuevos componentes que se van sumando a la lista de partes del proyecto. Por tal motivo, para cada componente y herramental creado en los procesos se desarrollan sus respectivos números de parte, apegados a los procedimientos de partes y ensamble.

### **8 Reporte dimensional de fascias**

Al llegar los checking fixture de la fascia delantera y el checking fixture de la fascia trasera y contando con fascias ya pintadas, procedo a solicitar un reporte dimensional, con la finalidad de verificar las dimensiones geométricas de las partes plásticas, esta actividad es realizada por el laboratorio de metrología.

Metrología checa los puntos de localización y coordenadas en los ejes X, Y, Z de acuerdo a la información del math data de las fascias tanto delantera y trasera. Verificando la variación de las partes terminadas con respecto al GD&T.

La Fig. 34 y Fig. 35 muestran una ilustración representativa de los checking fixture para la fascia delantera y fascia trasera.



Fig. 34 checking fixture fascia delantera



Fig. 35 checking fixture fascia trasera

### 8.1 Proceso planta ensamble

Dentro del proceso de ensamble veo la necesidad de crear herramientas que ayudaran a una mejor optimización del proceso. El desarrollo e implementación de mesas abatibles de ensamble, sobre todo en la fascia delantera, el termino abatible se refiere a un giro que posiciona la fascia angularmente, de tal forma que, el operario se auxilie con esta posición en el ensamble de los componentes, esto debido a las dimensiones de la fascia delantera.

El proceso de diseño de este herramental está apegado a los procedimientos internos. Llevando a cabo la licitación correspondiente.

Durante el desarrollo del proyecto por necesidades de los procesos productivos, llevo la coordinación de traslado de procesos y herramientas.

## 9 Generación de documentación para información en planta

Genero la documentación correspondiente a los procesos llevados a cabo en planta inyección, planta pintura y planta ensamble. Esta documentación consiste en:

- Diagramas de flujo del proceso
- Hojas de proceso,
- Hojas de instrucción de empaque,
- Hojas de control visual,
- Lay out de piso.

Son utilizados formatos debidamente apegado a los lineamientos y procedimientos de gestión de calidad y están completamente aprobados por el departamento de QS 9000, quien gestiona y emite a cada área correspondiente, así como, su debida actualización en caso de presentarse un cambio correspondiente, ya sea de un componente, proceso, herramental o especificaciones de material.

Mantengo actualizada la información para los procesos productivos y asegurar que la información relacionada con diagramas de flujo, plan de control, instrucciones de operación, lista de partes, instrucciones de empaque estén acorde con los mismos.

## **10 Requerimientos ISO/TS 16949**

La normatividad ISO/TS 16949 es una especificación técnica ISO, con el propósito de desarrollar un Sistema de Gestión de Calidad basado en la mejora continua y enfatizando en la reducción de errores. Esta especificación está enfocada en aumentar la rentabilidad y reducir el riesgo en la cadena de suministros. Los beneficios de la norma ISO/TS 16949 son los siguientes:

- Mejora la calidad de los procesos
- Monitoreo de la calidad de proveedores
- Certificación y credibilidad en el mercado internacional
- Reducción de auditorias
- Incremento en la eficiencia
- Reducción de variaciones en la producción

Esta normatividad es aplicada desde las fases de diseño y desarrollo de un nuevo producto, producción, instalación y servicio de productos relacionados con la industria automotriz.

### **10.1 Core Tools**

Las Core Tools son herramientas de calidad que permiten una correcta implementación de los requerimientos del Sistema de Gestión de Calidad y son esenciales para manejar los procesos clave en los medios de producción.

El objetivo de dar seguimiento y aplicar las Core Tools es erradicar los problemas de raíz, y así implementar un método estandarizado que documente los procesos.

## **10.2 Proceso APQP**

El proceso de Planeación Avanzada de Calidad y Plan de Control tiene como finalidad verificar la estructura, alcance de los fundamentos de la planeación avanzada de calidad, así como, las ventajas y metodología de la elaboración de un Plan de Control. Es requisito de la especificación técnica ISO/TS 16949.

Con base en los requerimientos de la industria automotriz, llevo a cabo la coordinación y convoco a los integrantes del equipo multidisciplinario de trabajo a llevar a cabo el cumplimiento y documentar dichos requerimientos. Realizo reuniones semanales para establecer las etapas de los avances del proyecto, así como dar prioridad a actividades denominadas como Open Issues, con base a estos avances se establecen la retroalimentación, evaluación y la aplicación de acciones correctivas.

## **10.3 Plan de control**

Al elaborar el plan de control que es una metodología que establece una descripción escrita y resumida de los sistemas usados para minimizar las variaciones del producto y del proceso en cada etapa del mismo, que incluye las inspecciones de recibo, las áreas del material en proceso y material en salida. Es un documento que se actualiza al mejorarse los procesos y los sistemas. El propósito del plan de control es la documentación del plan inicial para el control del proceso. A continuación, en la siguiente Fig. 36 se presenta el formato usado para elaborar el plan de control.



## 10.5 Proceso PPAP

El Proceso de Aprobación de Partes de Producción, se ejecuta al realizar una corrida de producción de las partes desde el proceso de inyección hasta el proceso de pintura, estando presente el cliente que verifica la ejecución del proceso y da la aprobación del mismo, el proceso consta de cinco niveles, la Fig. 37 muestra la tabla con los niveles del PPAP.

Parte del PPAP	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4
Registro del diseño	S	S	S	*	R
Cambios de ingeniería	R	S	S	*	R
Aprobación de ingeniería	R	R	S	*	R
Amef de diseño	R	R	S	*	R
Diagrama de proceso	R	R	S	*	R
Amef de proceso	R	R	S	*	R
Plan de control	R	R	S	*	R
Sistema de análisis (MSA)	R	R	S	*	R
Resultados dimensionales	R	S	S	*	R
Registros de materiales	R	S	S	*	R
Informe de apariencia	S	S	S	*	R
Piezas de producción	R	R	R	*	R
Pieza muestra	R	R	R	*	R
Requerimientos cliente	S	S	S	*	R
Información de partes (PSW)	S	S	S	*	R

Fig. 37 Niveles del proceso PPAP

Durante este proceso se verifica el desarrollo del diseño y proceso productivo y abarca las siguientes fases registrándolas y documentándolas:

- Registro del diseño (plano o dibujo del producto)
- Cambios de ingeniería (notificación del CN´S, change note)
- Diagrama de flujo (secuencia de los pasos del proceso)
- Amef del proceso (aprobado por el cliente)
- Dimensiones geométricas (verificación de las dimensiones de la parte mostradas en el plano de la pieza, verificación del GD&T)

- Registro de materiales (especificaciones del material del producto por parte de ingeniería)
- Reporte de aprobación de apariencia (aplicado solo a partes pintadas y partes texturizadas)
- Pieza muestra (se presenta un lote de producción inicial de la pieza a ser inspeccionada)
- Reporte del sistema de análisis dimensional

Las razones por la cual el proveedor debe de obtener la aprobación del producto por parte del cliente, son:

- La corrección o variación de un producto
- La modificación por un cambio de ingeniería
- En tal caso, una parte o producto nuevo

## **10.6 Análisis del sistema de mediciones (MSA)**

Es una metodología que se concentra en la administración de los sistemas de medición. La parte de análisis estadístico de sistemas de medición se concentra en el control y estudio de la variabilidad de los sistemas de medición y su relación con los procesos de producción. El propósito del MSA es monitorear y controlar la variación, así como ser un sistema de medición con mucha variación puede ser adecuado para un proceso de manufactura.

En el sistema de medición se puede descomponer la exactitud de un sistema de medida en tres componentes:

- 1) Linealidad: Indica como varia el nivel de exactitud obtenido en la medición en función del tamaño del objeto medido.
- 2) Exactitud: Es la diferencia entre la medición media observada y un valor maestro.
- 3) Estabilidad: Es la variación total que se obtendría al medir el mismo elemento repetidas veces usando un mismo aparato de medición.

Análogamente, se puede descomponer la precisión o medida de la variación en dos partes:

- 1) Repetitividad: Es la variación observada cuando distintos operarios miden el mismo objeto usando el mismo aparato.
- 2) Reproducibilidad: Es la variación adicional observada cuando varios operadores usan el mismo dispositivo para medir la misma unidad.

## 10.7 Proceso Run & Rate

Se realiza una corrida de partes para verificar la repetitividad y reproducibilidad de las partes, asentándose en un proceso estadístico. Junto con el ingeniero de calidad se lleva a cabo la verificación de este proceso. La reproducibilidad de mediciones es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas bajo condiciones que cambian. Una validación de reproducibilidad requiere que se especifique la condición que cambia, estas condiciones incluyen: principio de medición, método de medición, observador, instrumento de medición, patrón de referencia, condiciones de uso, tiempo. La reproducibilidad puede ser cuantificada en términos de la dispersión característica de los resultados. Una vez que se han determinado los valores de repetitividad y reproducibilidad se lleva a cabo un análisis de los resultados mediante una técnica denominada consistencia gráfica, que es un análisis grafico que se lleva a cabo mediante el uso de diferentes formatos gráficos, por ejemplo, los mostrados en las Fig. 38 y Fig. 39.

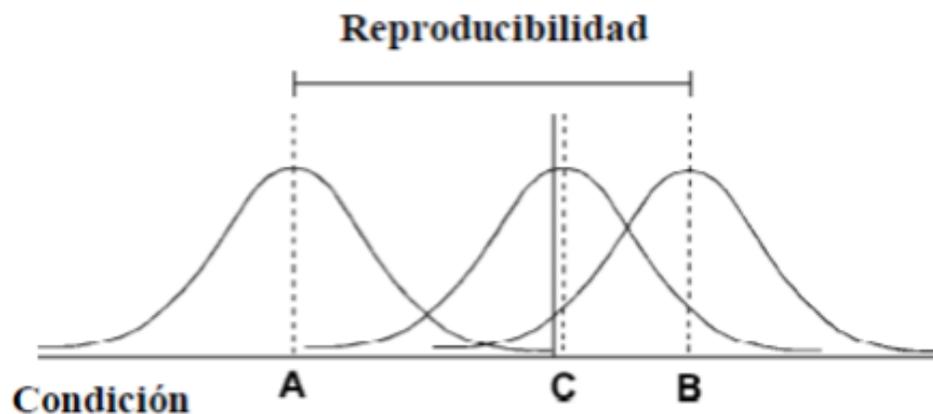


Fig. 38 Dispersión de resultados

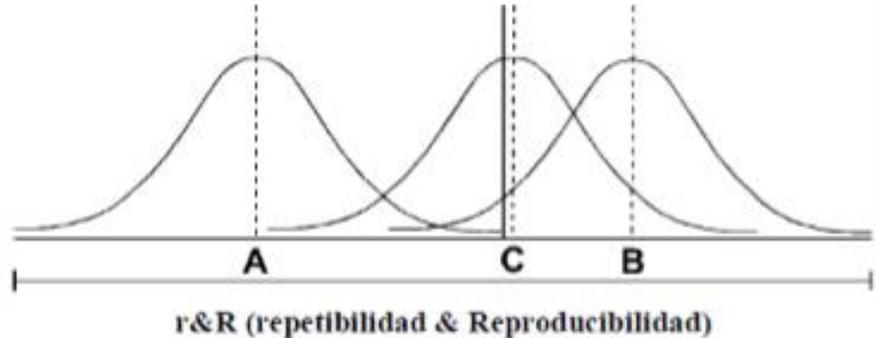


Fig. 39 Verificación de repetitividad y reproducibilidad

### 10.8 Proceso AMEF

El análisis de modo de efecto y falla es una metodología sistematizada que identifica y califica los modos potenciales de falla de un diseño o proceso para manufacturar un producto y objetivo seguido de priorizar acciones de mejora. El AMEF es una técnica de análisis de riesgos, implementando un proceso sistemático para identificar fallas potenciales para operar a su función requerida, identificar posibles fallas de forma que las causas puedan ser eliminadas y localizar los impactos de falla de manera que los impactos sean reducidos.

Los resultados del AMEF en turno afectan el diseño del producto, desarrollo del proceso, desarrollo y calidad de los proveedores, tanto en aplicación como en servicio.

El AMEF potencial del proceso, identifica los modos de falla potencial relacionados al producto, así como, evaluar los efectos potenciales de las fallas en los clientes. Identifica las causas potenciales de los procesos de manufactura o ensamble e identifica variables del proceso para enfocar los controles para reducir la ocurrencia o la detección de las condiciones de la falla, así como, documentar los resultados de los procesos de manufactura o ensamble.

Como líder del proyecto me aseguro de que en el equipo multidisciplinario este integrado por representantes de todas las áreas que están involucradas directa y activamente.

Para la documentación del AMEF de proceso se aplica una forma en la cual se concentra la descripción siguiente:

- 1) Numero de AMEF: Se escribe el número de documento consecutivo de AMEF.
- 2) Descripción: El nombre y número del sistema o componente, para cada proceso que se está analizando.
- 3) Responsable del proceso: El departamento y/o área de la organización.

- 4) Preparado por: Nombre, número de teléfono y compañía del ingeniero responsable del AMEF.
- 5) Año modelo / vehículo: Año, modelo y línea del vehículo analizado por el proceso.
- 6) Fecha: Fecha inicial del AMEF la cual no podrá ser excedida de la fecha programada de inicio de producción.
- 7) Fecha del AMEF: Fecha del AMEF original completado y fecha de última revisión.
- 8) Equipo de trabajo: Nombre de los integrantes y sus respectivas áreas departamentales.
- 9) Requerimientos del proceso / funciones: Descripción del proceso u operación a ser analizada.
- 10) Modo de falla potencial: Descripción de una no conformidad en esta operación no especificada. El modo de falla potencial es definido como la manera en que el proceso puede potencialmente fallar en cumplir los requerimientos del proceso.
- 11) Efectos potenciales de la falla: Son definidos como los efectos del modo de falla en el cliente.
- 12) Severidad: Es la evaluación de la seriedad del efecto del modo de falla potencial al cliente. La severidad solo aplica al efecto.
- 13) Clasificación: Clasifica cualquier proceso con característica especial.
- 14) Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo(s) de falla: Se describe en términos de algo que puede ser corregido o puede ser controlado.
- 15) Ocurrencia: Frecuencia en la que está proyectada que la causa específica / mecanismo pueda ocurrir. Es estimada en escala de 1 al 10.
- 16) Control de procesos actuales: Son descripciones de los controles que actualmente provienen hasta donde es posible, el modo de falla o detectan si el modo de falla debe ocurrir.
- 17) Detección: Es la evaluación de la probabilidad de que los controles del proceso detectaran un mecanismo / causa potencial, o la probabilidad de que los controles del proceso detecten el subsecuente modo de falla, antes de que la componente o parte salga a manufactura.
- 18) Índice de Prioridad de Riesgo (IPR): Es el producto de los rankings de Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D), estableciendo la siguiente forma:
 
$$\text{IPR} = (\text{S}) \times (\text{O}) \times (\text{D})$$
- 19) Acciones recomendadas: Cuando los modos de falla han sido ordenados por su IPR, la acción correctiva debe ser corregida primero a los rankings más altos y a las características críticas.
- 20) Responsable y fecha objetivo de cierre: Responsable y la organización para la acción recomendada, y la fecha objetiva de cierre.
- 21) Acciones tomadas: Descripción completa de la acción y la fecha de efectividad.
- 22) IPR Resultante: Después de que las acciones correctivas han sido identificadas, estimar y registrar el ranking resultante de la ocurrencia, severidad y detección.

En la Fig. 40 y Fig. 41 se muestra el formato correspondiente al AMEF de proceso de la descripción anterior, así como el AMEF de diseño.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMEF DE PROYECTO D		AMEF DE PROCESO C		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE/ PARTE DEL PROCESO		CODIGO DE IDENTIFICACION DEL COMPONENTE				Hoja:					
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACION				FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:			
OPERACION O FUNCION	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCION CORRECTORA	RESPONSABLE PLAZO	SITUACION DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	O			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS			
						F	G	O	IPR		F	G	O	IPR	
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previsos grupos y apretos en zona MIG	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría	Proyecto /Anteproyecto				
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa	Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometría y acoplamiento	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, giretas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Ocido, suciedad en bajos en pinturas	Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	5	8	7	356	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	1.6	Desdoblamiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de valles oscuros	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	1.7			Ausencia de puntas oscuros	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puntas de protección para no desdoblarse	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campañas de humos sucias y alayadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	8	8	4	192	Colocar campañas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	8	5	8	160	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa /Anteproyecto				
Estaciones de geometría y soldadura	2.1	Dificultad de controlar puntos de soldadura oscuros	Rechazos, reparaciones, retrabajos	Imposibilidad de control al no poder sacar de la línea piezas que incluyen otras que después quedan tapadas.	Ninguna	10	7	8	560	Modificar programas para sacar nuestro sin perder producción	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	2.2	Piezas mal posicionadas o invertidas	Rechazos, retrabajos	Usi permite varias posiciones	Ninguna	10	10	5	500	Pokayoke utilaje para encontrar solución	Proceso Chapa /Anteproyecto				
Fechado y marcado de conjuntos	3.1	El marcador no marca	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Mal funcionamiento del marcador, rotura, falta de energía	Control visual y penalización en auditoría intermedia	10	6	1	60	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación	Proceso Chapa /Anteproyecto				
	3.2	Mensaje deficiente	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Incorrecta orientación respecto a la pieza	Control visual y penalización en auditoría intermedia	5	6	1	36	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación	Proceso Chapa /Anteproyecto				

Fig. 40 AMEF de Proceso

AMFE ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES (Diseño)																
Nombre del sistema: Suspensión delantera					Nombre el proveedor exterior:					Nombre / Firma:						
Referencia subsistema: Barra de suspensión					Otros sectores involucrados: Fabricación					Supervisor. Nombre / Firma						
Modelo / año vehículo: 1990					Fecha de producción programada: Vehículo n° 1 1990					Fecha AMFE (original): 6 / 87 (última revisión): 3 / 89						
Nombre Ref. de la pieza	Función de la pieza	Modo de fallo potencial	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Condiciones existentes				N° Prioridad de Riesgo (NPR)	Acción y estado recomendados	Area responsable de la acción correctora	Resultados				
					Controles actuales	Ocurrencia	Gravedad	Detención				Acción emprendida	Ocurrencia	Gravedad	Detención	N° Prioridad de Riesgo (NPR)
Estampa de brazo de control	Barra unida al husillo	Fatiga	Husillo se separa del brazo	Adegazam. del material	Ninguno	2	10	10	200	Investigar radios	Ingeniero	Incrementar radios	1	10	10	100
				Material no apropiado	Un ensayo de tracción por dispositivo	1	9	10	90	Comprobar adegazam. del material cada hora	Fabricante	Incorporar en el proceso de inspección comprobación	1	9	8	54
				Espesor de material inadecuado	Espesor verificado 1 vez por hora	1	9	10	90	Inspección visual de una pieza	Fabricante	Comprobación incorporada al proceso de inspección	1	9	8	72
		Pandeo vertical	Demasiado o combado manejo no correcto	Defectos del acero	Ninguno	2	9	8	108	Inspección visual de una pieza	Fabricante	Incrementar material	2	10	2	40
				Pieza fabricada fuera del diseño	Medidas críticas verificadas una vez por hora	5	9	10	450	Investigar radios	Fabricante	Comprobación incorporada al proceso de inspección	1	8	9	54
				Espesor inadecuado del material	Medidas críticas verificadas una vez por hora	3	8	9	162	100% Inspección del espesor	Fabricante	Comprobación 100% automática	2	8	8	72

Fig. 41 AMEF de Diseño

## 10.9 Check list

Llevé a cabo la lista de verificación o check list para controlar el cumplimiento de la lista de actividades en forma sistemática, verificando que las tareas realizadas no tengan faltante alguno, o en su caso, verificar las tareas erróneas y correctas, de tal manera que lleven un orden en cuanto a su desarrollo. A continuación, enlisto el check list referente a las actividades del proyecto.

- **Amef del diseño** (análisis de efectos de falla en el proceso del diseño)
- **Plan de control de los prototipos** (control y verificación en adquisición de equipos)
- **Amef del proceso** (análisis de efectos de falla en los procesos productivos)
- **Instrucciones del proceso al operador** (verificación de documentación, hoja de instrucción de ensamble, hoja de instrucción de empaque, lay out del proceso)
- **Revisión del diseño** (verificación del diseño cumplir requerimientos del cliente)
- **Construcción de prototipos** (verificación funcional de herramientas)
- **Estudio de factibilidad** (verificación de modificaciones de moldes, herramientas, racks, procesos)

- **Especificaciones de empaque** (verificación de materiales de empaque y embalajes, dimensiones generales)
- **Estudios preliminares de capacidad** (capacidad en líneas de producción)
- **Plan de verificación del diseño** (se analizan acciones requeridas)
- **Diagrama de flujo del proceso** (Verificación de los pasos a seguir en el proceso)
- **Herramientas, dispositivos y facilidades** (verificación de traslado de herramientas y procesos)
- **Dibujos y especificaciones** (requerimientos técnicos del cliente)
- **Evaluación del sistema de medición** (verificación preliminar de PPAP)
- **Pre lanzamiento** (verificación plan de control)
- **Producción** (verificación plan de control)
- **Corrida inicial de producción** (contempla verificación del plan de control)
- **Pruebas de validación de producción** (verificación del plan de control)

Se emite una descripción breve y sistemática del Check list usando el formato que se presenta en la Fig. 42 siguiente:

Question	Yes	No	Comment / Action Required	Person Responsible	Due Date
<b>A. General</b>					
Does the design require:					
1			• New materials?		
2			• Special tooling?		
3			Has assembly build variation analysis been considered?		
4			Has Design of Experiments been considered?		
5			Is there a plan for prototypes in place?		
6			Has a DFMEA been completed?		
7			Has a DFMA been completed?		
8			Have service and maintenance issues been considered?		
9			Has the Design Verification Plan been considered?		
10			If yes, was it completed by a cross functional team?		
11			Are all specified tests, methods, equipment and acceptance criteria clearly defined and understood?		
12			Have Special Characteristics been selected?		
13			Is bill of material complete?		
14			Are Special Characteristics properly documented?		
<b>B. Engineering Drawings</b>					
15			Have dimensions that affect fit, function and durability been identified?		
16			Are reference dimensions identified to minimize inspection layout time?		
17			Are sufficient control points and datum surfaces identified to design functional pages?		
18			Are tolerances compatible with accepted		

Fig. 42 Check list de Producto/Proceso

## 11 Descripción de actividades

Durante el proceso de APQP, como líder y responsable del proyecto dirigí y controlé las actividades del equipo para garantizar el cumplimiento de los requerimientos del cliente de acuerdo a los estándares establecidos, como principal punto de contacto con el cliente, recibí los nuevos requerimientos solicitados por el mismo y realicé la planeación y coordinación de las actividades a seguir, delegando a cada miembro involucrado la acción a tomar correspondiente.

En fundamento con las responsabilidades de llevar a cabo y dar solución a los asuntos pendientes que se presentan durante el proceso de calidad APQP, dirijo y establezco los objetivos, basados en los requerimientos del cliente, alineados en conjunto con las metas de la dirección de la empresa.

Así mismo, fui el responsable de dar inicio y coordinar el proceso con la finalidad de desarrollar nuevos productos con el equipo multidisciplinario, así como el desarrollo de proveedores.

Administre control de pagos, órdenes de compra, aprobación de facturas, así como, negociación de discrepancias con los proveedores.

Di Seguimiento a cotizaciones para establecer requerimientos técnicos.

Realicé la actividad de soporte al equipo multidisciplinario durante los procesos con respecto a los requerimientos de prototipos, así como, de fabricación.

Apoye con asistencia técnica al departamento de compras y manufactura para sus procedimientos requeridos en la adquisición de equipos, herramientas y material.

Coordiné y llevé a cabo juntas con el equipo multidisciplinario con respecto a las revisiones de diseño de prototipos, empaque y herramientas, realizando las revisiones periódicas, así como, los cambios generados, desvíos de materiales, de componentes, cambios de ingeniería, cambios de procesos, emitiendo un reporte de las acciones a las respectivas gerencias departamentales, así como, a la dirección general.

Llevé a cabo el desarrollo de cotizaciones para nuevos dispositivos, herramientas, empaques y cambios en ingeniería relacionados con el desvío o cambio de componentes, esta información la emito al departamento de compras para dar seguimiento en el proceso.

Desarrollé y elaboré junto con el ingeniero de calidad la documentación de calidad e instrucciones de trabajo para equipo y herramientas implementados en los procesos, apegados a la normatividad de seguimiento en gestión de calidad QS 9000, área que se encarga de la aprobación y emisión de documentos.

Ejecuté la Implementación y desarrollo de planes e ideas para reducción de costos, así como medidas de mejoramiento de calidad.

Llevé a cabo el cumplimiento con todos los lineamientos y procedimientos de seguridad, así como del sistema operativo.

Establecí y llevé a cabo el desarrollo de pruebas relacionadas con variaciones para la implementación de mejora en el producto y procesos, esto dentro del marco del programa de acciones de mejora continua.

Realicé junto con compras la revisión de las especificaciones del material y equipos solicitados entregados al almacén de materia prima a fin de verificar la correcta adquisición del producto.

Validé los equipos, dispositivos, herramientas fabricados por proveedores, desarrollé y emití la aprobación de los empaques para producto terminado.

Llevé a cabo la definición del plan de medios de comunicación y juntas, así como, las reuniones periódicas de seguimiento para dar comunicado formal de la situación de los procesos y del proyecto en general.

Gestioné el presupuesto asignado al proyecto, así como, los recursos disponibles para lograr el alcance de los requerimientos del proyecto. De tal modo que incurro a la dirección de la empresa para lograr tal objetivo.

Controlé las especificaciones de ingeniería y los dibujos de los productos fabricados por la empresa, así como administrar la lista de partes (BOM), información electrónica de math data para asegurar que estén al último nivel de cambio.

Desarrollé e implementé sistemas de control Poka-Yoke en los procesos que fueron requeridos, para asegurar el correcto funcionamiento de los procesos operacionales.

Desarrollé los números de parte, administré y actualicé la lista de partes a ultimo nivel (BOM), de acuerdo a CN's cambios de ingeniería, puntos de quiebre de acuerdo a especificaciones de componentes.

Realicé la emisión en la base del sistema IMDS (base de datos dónde se especifica la estructura de materiales con los que están constituidos las piezas inyectadas, así como los componentes de ensamble), de los números de parte actualizando la documentación correspondiente.

Controlé la lista maestra de moldes y modificaciones. Efectué visitas a proveedores fabricantes de prototipos y herramientas para su evaluación.

Aplicación de los requerimientos y especificaciones de la filosofía de normatividad ISO TS 16949. Procesos APQP, Plan de Control, PSO, PPAP, MSA.

Llevé y realicé el reporte de control de avances del proyecto y evalué cada una de las actividades del proceso de APQP de cada uno de los integrantes del equipo

multidisciplinario, quienes emiten un reporte de sus programas o actividades indicando fecha de entrega o fecha de término.

Estas evaluaciones las documente en una matriz de actividades y las clasifique de acuerdo a la evaluación de riesgo que determina si todos los elementos en el proceso APQP pueden ser cubiertos.

La clasificación consistió en el siguiente código de colores:

- G = verde; indica que el elemento será cubierto a tiempo, previo a la fecha programada.
- Y = amarillo; cuando previo a la fecha programada indica que el elemento puede no cumplir los requerimientos del cliente.
- R = rojo; indica que el elemento no puede cubrirse y pone en riesgo el cumplimiento de la fecha programada y por consiguiente el cumplimiento de los requerimientos, en este caso, como se trabaja en conjunto con los objetivos de la empresa, solicito una atención inmediata de la dirección general, dando prioridad y solución al asunto.

## **12 Programa de reducción de costos**

Llevé a cabo la coordinación con el equipo multidisciplinario para el desarrollo e implementación de mejora continua y reducción de costos. Los logros conseguidos dentro de este programa para este proyecto fueron sustanciales. De acuerdo a las necesidades del proceso de producción, realice estudios de factibilidad en base a un análisis del proceso en los sistemas operativos efectuados a los equipos, dispositivos y herramientas con los que disponíamos en el proyecto. La reducción de costos es una etapa donde se cuantifican en números los logros obtenidos, a continuación, enlisto dichos logros:

- Reconstrucción de racks de manejo y almacenaje interno para las fascias, reducción hasta de un 80% del costo total. Se reconstruyó y habilitó una gran cantidad de racks que estaban en desuso, producto de otros proyectos, modificándolos y adaptándolos con los requerimientos del proyecto, evitándose la fabricación de nuevos racks.
- Modificación de los moldes de la fascia delantera donde se agregó un inserto ribs, así como el molde de la parrilla superior, evitándose así, enviar los moldes con el fabricante en Canadá, por consiguiente, los trabajos de modificación fueron realizados en la planta de la empresa. Se alcanzó un ahorro del 90% del costo, además, lo que implicaba el tiempo de traslado, el flete y demás factores que implicaba la logística.
- Diseño, fabricación e implementación de mesas abatibles de uso múltiple para el mejoramiento del ensamble de la fascia delantera como producto terminado en

planta ensamble, obteniendo una reducción en gastos operacionales hasta de un 80%. En las mesas abatibles se realizaban tres o hasta cuatro tipos diferentes de operaciones en la fascia delantera, implicando así, el ahorro de tiempo, número de operarios, y espacio en la línea de producción.

### **13 Embarque a planta del cliente**

Al tener los avances correspondientes del proyecto, procedo a realizar los primeros ensambles de sets a la planta del cliente en Hermosillo, con la finalidad de realizar pruebas en la línea de ensamble. Estos sets cuentan con los requerimientos de calidad aprobados desde el proceso de inyección hasta ensamble, contando con los requerimientos de PSO, PPAP, Run & Rate, MSA, APOPS (proceso de aprobación de planta pintura consistente en tono de color, espesor de pintura, laboratorio calidad, X-rite), AAR (reporte de aprobación de apariencia), la cantidad de fascias a enviar es determinada y confirmada por parte del cliente.

Posteriormente las pruebas programadas por producción se llevan a cabo con la presencia de los ingenieros de la planta del cliente, el Program Project de Ontario (contraparte en Magna, Canadá), ingeniero de calidad de la empresa, el ingeniero residente de la empresa y el líder del proyecto.

Durante las pruebas se presentan algunos detalles de ensamble en la carrocería, tales como ajustes de sujeción, detalles de alineación a la carrocería, detalles de gaps en cuanto a la tolerancia permitida que es de +/- 2mm. Estos detalles se asientan en open issues por parte de la empresa y por parte de los ingenieros del cliente.

A mi regreso a la empresa procedo a la planeación y programo un timing para llevar acabo los open issues, convocando a los integrantes del equipo multidisciplinario para informarles de los resultados de las pruebas y aplicar las acciones necesarias de corrección.

Se programan nuevamente las pruebas en la planta del cliente con los detalles corregidos, realizándose el mismo protocolo de pruebas estando presente el mismo personal de las primeras pruebas para así obtener la aprobación del cliente.

## **14 Prelanzamiento**

El plan de control se aplica como una de las herramientas usadas en piso y es una forma estructurada de seguir una secuencia lógica de inspecciones en los requerimientos de producción. En esta etapa, se debe tener una actitud muy exigente en la revisión de todas las características del proceso y producto, cantidad de muestra y la frecuencia, es decir, el análisis dimensional, así como un factor importante, llevar el registro y su plan de reacción. El plan de control tiene los propósitos siguientes:

- Es la de documentar y comunicar a la empresa, el plan de control inicial.
- Ser una guía en la fase de manufactura, como controlar el proceso y asegurar la calidad del proceso.
- Es un documento que se debe actualizar, el cual refleja los métodos de control vigentes de medición utilizados.

Áreas en las cuales se aplica el plan de control:

- Recibo de materiales
- Proceso productivo
- Embarque de producto final
- Requerimientos solicitados por el cliente

## **15 Lanzamiento del programa de producción**

Llegando a la etapa de kick-Off que es el arranque de producción, esto se logró al cumplir todos los requerimientos de aprobación, por parte del cliente, en todos los procesos productivos cumpliendo con los requerimientos internos de la empresa de todas las áreas involucradas que realizaron una serie de tareas y actividades, las cuales quedan definidas y documentadas y que en conjunto implicaron haber alcanzado los objetivos del proyecto en conjunto con los lineamientos y metas de alcance de la empresa.

## **16 Seguimiento al programa de producción**

Como líder de proyecto di seguimiento constante al programa de producción estando al pendiente de cualquier detalle que se suscite tanto en los procesos operativos como en los procesos de producción. Mantuve una comunicación constante con los responsables de las áreas productivas, inspectores, supervisores, ingenieros y gerentes.

Ejecute los cambios que durante el programa de producción fueron requeridos por el cliente, como, cambio de resina para el mejoramiento de apariencia, desviación y cambio de número de parte de componentes para el ensamble del producto, generar un nuevo

componente con su respectivo número de parte, desarrollo de proveedores para la creación de un nuevo componente o nuevo dispositivo o herramental, seguimiento de pruebas funcionales internas y externas para el programa de producción.

El seguimiento en el programa de producción tiene la finalidad de cumplir con todos los requerimientos del cliente para satisfacer sus expectativas del producto terminado.

## **17 Conclusiones**

El sector automotriz y de las autopartes desde tiempo atrás ha venido experimentando un proceso de evolución, el cual ha impactado de forma importante en la economía mundial y en especial, aquí en México. En el sector de autopartes las grandes compañías proveedoras y fabricantes de equipo original para las grandes armadoras, han desarrollado e implementado estrategias de suministro para lograr reducción de costos en sus procesos de producción.

El desarrollo de un proyecto es un gran reto cualquiera que fuese este, ya sea de un producto de consumo habitual o de tipo industrial, ya que antepone diversas limitaciones y retos a solucionar y los retos se convierten en situaciones multifactoriales en donde la habilidad y visión del ejecutante del proyecto son necesarias para salir adelante ante tales adversidades que se presentan durante el desarrollo.

Al estar trabajando en la empresa Decoplás perteneciente del grupo canadiense Magna internacional, planta ubicada en el estado de México, tuve la satisfacción y experiencia de trabajar en una empresa de clase mundial debido a su organización e infraestructura, donde tuve un desarrollo como profesionista pasando por diversas áreas de la empresa como fue, en el área de diseño, manufactura, procesos y finalmente en proyectos. En este último me desarrollé como líder de proyectos, puesto que seguí laborando en empresas posteriores.

Trabajar en proyectos y en una compañía que tiene como filosofía de trabajo estar apegado a lineamientos de calidad, seguridad y programas de mejoramiento productivo, dan la pauta para habituarse y desempeñar correctamente nuestras actividades.

## 18 GLOSARIO DE TERMINOS Y ACRONIMOS

- 1) **AAR:** Reporte de Aprobación de Apariencia
- 2) **Absorbedor de Impacto:** Amortigua la magnitud de la fuerza de impacto que restituye la deformación
- 3) **Adherente:** fuerza de adhesión a una superficie
- 4) **Alabamiento:** Característica critica en zona propensa a torceduras debido a la distribución de temperatura
- 5) **Alto horneo:** Sistema 2 en planta pintura
- 6) **AMEF:** Análisis de Modo y Efecto de Falla
- 7) **APOPS:** Procedimiento de Aprobación de Pintura y Proveedores
- 8) **APQP:** Planeación Avanzada de Calidad del Producto
- 9) **Bajo Horneo:** Sistema1 en planta pintura
- 10) **Brackets:** Soporte para sujeción.
- 11) **BOM:** Bill of Material
- 12) **Cavidad:** Espacio libre en el molde donde el material inyectado toma la forma final
- 13) **Checking Fixture:** Dispositivo para verificación y dimensionamiento geométrico
- 14) **Check List:** Lista de verificación
- 15) **Ciclo de Inyección:** Secuencia completa de operaciones para producir una pieza o serie de piezas inyectadas
- 16) **Claddings:** Revestimiento de puerta lateral
- 17) **Clamping Force:** Fuerza ejercida en el mecanismo de cierre de la maquina
- 18) **Close out:** Remate extremo final para Pick up
- 19) **Contracción:** Reducción en dimensiones que experimenta una pieza después del moldeo
- 20) **Control de mantenimiento y conformado de racks para pintura:** Manual de procedimientos
- 21) **Conveyor:** Sistema de transferencia
- 22) **Comments Page:** Lista de componentes y materiales preliminar
- 23) **CN's:** Note change, cambio de ingeniería
- 24) **Core Tools:** Herramientas esenciales que apoyan la implementación y mejora de un sistema de gestión de calidad
- 25) **Dolly:** Dispositivo de montaje para transferencia de materiales
- 26) **Defectos de inyección:** Característica de no conformidad a lo especificado
- 27) **Desarrollo de Proveedores de Servicios, Equipos, Herramientales y Partes de Ensamble:** Manual de procedimientos
- 28) **Diagrama de Flujo:** Descripción de la secuencia de una producto o proceso
- 29) **End Gate:** Revestimiento de puerta trasera de Pick up
- 30) **Estandarización y Asignación de Números de Parte de Dibujos de Ingeniería:** Manual de procedimientos

- 31) **Estiba de Racks:** Orden, apilamiento vertical y distribución de carga en almacén
- 32) **Factor de Tonelaje:** Especificación técnica de un material
- 33) **Fascia Delantera:** Parachoques frontal de automóvil
- 34) **Fascia Trasera:** Parachoques trasera de automóvil
- 35) **Flasheo:** Descarga eléctrica
- 36) **Fog Lamp:** Alojamiento para el faro de niebla
- 37) **Gap:** Ajuste y alineación entre dos superficies
- 38) **GD&T:** Tolerancias y Dimensiones Geométricas
- 39) **Hoja de Control Visual:** Instrucción visual de operaciones
- 40) **Hoja de Instrucción de Empaque:** Instrucción visual y grafica de operación para empaque
- 41) **Hoja de Proceso:** Secuencia de operaciones que debe cumplir los requerimientos especificados por el cliente
- 42) **IMDS:** International material data system
- 43) **ISO TS 16949:** Conjunto de normas del sistema de gestión de calidad orientadas al mejoramiento de los procesos de calidad
- 44) **Kick Off:** Arranque de Producción
- 45) **Lay out:** Distribución de procesos en piso
- 46) **Líder de Proyecto:** Responsable de dirigir y coordinar proyectos de desarrollo y gestionar recursos económicos, materiales y humanos
- 47) **Lift Gate:** Revestimiento de puerta trasera de la SUV
- 48) **Manifold:** Distribuidor de resina fundida que a través de boquillas llenan la cavidad de un molde
- 49) **Master de Color:** Referencia para igualación de tono y color
- 50) **Math Data:** Modelo matemático, diseño electrónico de la parte
- 51) **Mejora Continua:** Actividad recurrente para el aumento de capacidad para el cumplimiento de requerimientos de calidad
- 52) **Molde:** Conjunto de elementos asociados con la cavidad y núcleo en la que un material fundido toma la forma del producto deseado
- 53) **MSA:** Análisis de Sistema de Mediciones
- 54) **Open Issues:** Control de pendientes abiertos
- 55) **Plan de Control:** Metodología documentada para asistir en la manufactura de productos de calidad y cumplimiento de requerimientos del cliente
- 56) **Plastificación:** Fusión o reblandecimiento de un material
- 57) **Pedestal:** Elemento mecánico que soporta y forma en conjunto el Rack
- 58) **Pirolisis:** Área de conformado metálico de racks
- 59) **Pintura Electrostática:** Proceso de aplicación de pintura en polvo
- 60) **Poka Yoke:** Dispositivo a prueba de error
- 61) **Primer 2K:** Aplicación base de fondo de alta versatilidad

- 62) **Procedimiento para Identificación y Control de Racks:** Manual de procedimientos
- 63) **Procedimiento para Recepción de Racks para Pintura:** Manual de procedimientos
- 64) **Procedimiento para Registro y Control de Dispositivos de Uso Interno:** Manual de procedimientos
- 65) **Prototipo:** Fabricación de un modelo que permite verificar y confirmar las características y especificaciones de un diseño en específico
- 66) **PPAP:** Proceso para Aprobación de Partes de Producción
- 67) **PSO:** Process Sign Off
- 68) **PSW:** Part Submission Warrant
- 69) **QS 9000:** Conjunto de normas del sistema de gestión de calidad
- 70) **Rack de Embarque:** Contenedor en el cual se envía el producto final al cliente
- 71) **Rack para Pintura:** Estructura para montaje de partes a ser pintadas
- 72) **Rack de Uso Interno:** Contenedor para transportar el producto en el interior de la planta
- 73) **Rack de Lona:** Rack contenedor para partes misceláneas
- 74) **Ribs:** Inserto maquinado en el molde formando parte integral de la pieza inyectada
- 75) **Resinas:** Materiales con altas propiedades mecánicas y químicas
- 76) **Resistencia Tensil:** Fuerza requerida de rotura
- 77) **Run & Rate:** Proceso estadístico de repetividad y reproducibilidad
- 78) **Sport Bar:** Barra deportiva
- 79) **SUV:** Sport Utility Vehicle
- 80) **Tenacidad:** Es la energía de deformación capaz de absorber en un material antes de alcanzar la rotura de impacto
- 81) **Termo fijo:** Es un polímero que una vez moldeado no modifican su forma
- 82) **Termo endurente:** Al secarse y ser curada no se derrite con el calor
- 83) **Termo mecánico:** El que sufre cambios físicos debido a la temperatura
- 84) **Termoplástico:** Material formado por polímeros dando forma a estructuras lineales o ramificadas
- 85) **Temperatura de Transición:** Transición de material vítreo a material elástico
- 86) **Try out:** Prueba en planta de un equipo, herramental o molde
- 87) **Tier 1:** Proveedor técnicamente capaz de suministrar sistemas completos para armadoras a nivel nacional e internacional.
- 88) **Tier 2:** Suministra a empresas Tier 1
- 89) **Tier 3:** Suministra a empresas Tier 2
- 90) **X-rite:** Pruebas de laboratorio calidad pintura
- 91) **8D's:** Metodología de solución de problemas

## 19 Bibliografía

- Injection Molding Resins, Processing Guide  
GE Plastics.
- Engineering Structural Foam, Processing Guide  
GE Plastics.
- Solvay Engineered Polymers  
Applications Engineering
- Sistemas Avanzados Para La Calidad, Manual SAC.  
Tecnológico de Monterrey  
Gabriel C. Ulloa Ordoñez  
2003
- Plastic part design for injection molding  
Malloy, Robert, A.  
2ª edición, 2010
- Plastics Engineerings  
R. J. Crawford  
2ª Edición enero 1987
- Procesamiento de Plásticos  
D. H. Morton-Jones  
1ª Edición enero 2012
- Moldeo por inyección de termoplásticos  
Sánchez Valdés Saúl, Yáñez Flores Isaura  
Editorial Limusa, 2001
- Introducción a la tecnología de los plásticos  
J. Eduardo Morales Méndez  
Enero 2010

## Referencias on line:

- <http://www.igm.mex.tl> › Pintura Electrostatica  
17 julio 2021
- [www.indimein.com.mx/checking-fixtures](http://www.indimein.com.mx/checking-fixtures)  
15 marzo 2021
- [www.gacea.com.mx/racks](http://www.gacea.com.mx/racks)  
10 marzo 2021
- <https://metalmecanica.com/temas/el-sector-de-autopartes-en-mexico>  
La importancia de la producción de autopartes en México  
18 marzo 2020
- [https://www.academia.edu/31942836/Molding\\_GE\\_Plastics\\_Design](https://www.academia.edu/31942836/Molding_GE_Plastics_Design)  
20 marzo 2020
- [http://plasticwright.com/files/8314/0476/4159/GE\\_plastic\\_design.pdf](http://plasticwright.com/files/8314/0476/4159/GE_plastic_design.pdf)  
18 marzo 2020
- <https://www.fmc Corp.com/downloads/designguide.pdf>  
20 mayo 2020
- <https://docplayer.net/15046049-Ge-plastics-processing-ge-engineering-thermoplastics-injection-molding-processing-guide-guide-injection-molding.html>  
20 mayo 2020
- <https://interlake.com.mx/fabricante-de-racks/>  
25 mayo 2020
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Magna\\_International](https://es.wikipedia.org/wiki/Magna_International)  
16 julio de 2021
- <https://pdfcoffee.com/ppap-proceso-de-aprobacion-de...>  
P. Reyes mayo 2003  
[16 julio de 2021](#)
- <https://spcgroup.com.mx> › las-herramientas-core-tools  
[25 enero 2019](#)  
16 julio de 2021

