



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Rediseño de componentes de los
sistemas de escape e inducción
de aire en vehículos de FCA**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

Jorge Fernández González

ASESOR(A) DE INFORME

Dra. Flor Hernández Padilla



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

*...A mis padres y hermano por sus constantes
palabras de aliento a seguir superándome.
A todo el equipo de Engine Systems por su amistad
y ayuda que me hizo crecer profesionalmente.
A mis profesores por sus consejos.
A todas aquellas personas que siempre me han
brindado su apoyo cuando lo necesité...*

Tabla de contenido

Introducción	3
Glosario	4
Objetivo	6
Capítulo 1. Descripción de la empresa	6
1.1 Historia.....	6
1.2 Organigrama del área (<i>Engine systems</i>).....	8
Capítulo 2. Información de los sistemas de inducción de aire y escape	9
2.1 Sistema de inducción de aire (subensambles)	9
2.1.1 Ducto de aire sucio	10
2.1.2 Ensamble del filtro de aire	11
2.1.3 Ducto de aire limpio.....	12
2.1.4 Resonadores	14
2.2 Sistema de escape (subensambles)	14
2.2.1 <i>Hot end</i>	16
2.2.2 <i>Cold end</i>	16
Capítulo 3. Descripción del puesto	18
Capítulo 4. Descripción de las actividades desarrolladas	19
Capítulo 5. Propuestas de diseño en el sistema de escape	23
5.1 TCR “Cambio de escudo de calor”	23
5.2 TCR “Cambio de ruta de la cola de escape”	25
Capítulo 6. Propuestas de diseño en el sistema de inducción de aire	28
6.1 TCR “Cambio de material de los soportes de la caja de aire”	28
6.2 TCR “ <i>Make Up Air Hose</i> ”	32
6.3 Rediseño del sistema de inducción de aire	35
Comentarios finales	39
Referencias	40

Introducción

En este informe reporto las actividades durante mi estancia en la compañía automotriz *Fiat Chrysler Automobiles* en el área *Engine Systems* dentro de los sistemas de escape e inducción de aire. Dando a conocer con ello, mis habilidades en el campo de la Ingeniería, dirigidas principalmente al área del diseño mecánico automotriz, pues la mayor parte de mis actividades consistió en realizar modelos 3D de autopartes usando el software NX de Siemens, así como los planos de estas con el fin de evaluar propuestas para reducciones de costos.

Las reducciones de costos técnicos, *TCR's* por sus siglas en inglés *Technical Cost Reduction*, pueden llevar un largo tiempo para lograr su implementación debido a las validaciones que son requeridas dependiendo del tipo de componente. Entre otros factores, se puede considerar el tiempo para reunir la información de diseño, estudios de vibraciones, condiciones térmicas, corrosión, durabilidad, entre otros. Por esta razón, no todos los rediseños que hice han procedido tan rápidamente como otros, o incluso algunos otros no continuaron a la fase de implementación.

Y así, al dar a conocer un reporte de mis actividades en la empresa, obtener el título de Ingeniero Mecatrónico.

Glosario

Engine systems	Área dedicada a los sistemas que dan soporte al motor para su funcionamiento
Virtual analysis	Área donde se realizan las pruebas virtuales
Estudios de empaquetamiento	Análisis de distancias permitidas entre componentes
EXH (Exhaust system)	Abreviación en inglés para: sistema de escape
AIS (Air induction system)	Abreviación en inglés para: sistema de inducción de aire
TCR (Technical Cost Reduction)	Abreviación en inglés de “reducción de costos técnicos”
VBOM (Visual Bill Of Materials)	Documento donde se detallan todas las partes de un sistema del vehículo
DVP&R (Design Verification Plan and Report)	Documento de ingeniería que contiene una lista de pruebas que se le pueden realizar a un vehículo o parte vehicular
Team Center (TC)	Software utilizado para liberar y almacenar información de las partes de los vehículos en FCA
Siemens NX	Software para realizar modelos 3D y planos 2D de las partes vehiculares
EMEA	Designación geográfica para hacer referencia a Europa, Medio oriente y África
Parte	Designación dada a los componentes vehiculares
Cold end	Subsistema de EXH conformado por tubos, mofles, resonadores y la cola de escape
Hot end	Subsistema de EXH conformado por tubería y el convertidor catalítico

DSD (Dirty Side Duct)	Subensamble del AIS que recolecta aire del ambiente
CSD (Clean Side Duct)	Subensamble del AIS que suministra aire limpio al motor
Air Cleaner	Subensamble del AIS que limpia el aire de impurezas encontradas en el ambiente
Assy	Abreviatura en inglés para “ensamble”
Underbody	Plataforma inferior de un vehículo
Body	Estructura interior del vehículo
Heatshield	Componente usado para disipar calor
Bracket	Soporte metálico o de plástico que soporta el peso de un componente y las cargas dinámicas del vehículo
Maniverter	Componente formado por el colector de gases de escape y el convertidor catalítico
Tailpipe	Cola de escape
MUA Hose (Make Up Air Hose)	Manguera de recirculación de aire
Isolator	Gomas usadas para absorber vibraciones mecánicas
Hanger	Elemento que soporta las cargas impuestas por el sistema de escape
Quick connector	Tipo de conector plástico que facilita el rápido acoplamiento y desacoplamiento de las líneas de transferencia de fluidos
Rubber connector	Componente hecho de goma que permite la conexión entre mangueras y tubos mediante el uso de bridas

Objetivo

- Demostrar mis habilidades, capacidades y aptitudes en el campo de la ingeniería conforme al desarrollo de mis actividades en el área de *Engine Systems* realizando rediseños de componentes vehiculares.

Capítulo 1. Descripción de la empresa

1.1 Historia

Las compañías conocidas anteriormente como *Fiat Group* y *Chrysler Group* comenzaron a tener lazos a mediados del 2009 cuando *Fiat* se incorporó en la participación de la empresa *Chrysler* con un 20%. El CEO actual de *FIAT*, Sergio Marchionne, también es nombrado CEO de *Chrysler*.

Al año siguiente, *Fiat* regresó al mercado en Estados Unidos después de una ausencia de 27 años, presentando el *Fiat 500* en el *Auto Show* realizado en Los Ángeles. Para el 2011 y 2012, *Fiat Group* fue incrementando su participación en *Chrysler* hasta llegar a tener un 58.5% de la compañía. Para este punto, estas dos compañías ya habían logrado establecer una unión a nivel industrial con el diseño y la manufactura de sus automóviles, así como también lo hicieron a nivel cultural con su filosofía.

Fue en enero del 2014 cuando *Fiat Group*, adquirió por completo a *Chrysler Group*, algo que ya se esperaba; sin embargo, no se había logrado concretar en papel, fue hasta octubre de aquel año en que las dos compañías se unieron para constituir a FCA (*Fiat Chrysler Automobiles*). Una de las señales que fue muy notoria para el mercado en Estados Unidos es que los vehículos de alta gama, *Alfa Romeo*, regresaron después de 20 años de ausencia en aquel país y el proyecto de la *Jeep Renegade* fue el primero para FCA en ser diseñado en los Estados Unidos y producido en Italia, muestra de esta nueva corporación global.

No obstante, la empresa no paró en su crecimiento pues en enero del 2016, FCA completa el proceso para una de sus submarcas con reconocimiento a nivel mundial, que es *Ferrari*. Se considera al 2016 como un año muy activo para la producción en FCA pues se introdujeron en nuevos segmentos del mercado con *Maserati* y su primer SUV, *Alfa Romeo* con su nuevo Giulia, la marca *Chrysler*, quien introdujo el concepto del miniván en los 80's, lanza la nueva Pacífica y Pacífica Híbrida (la primera miniván eléctrica en la industria) y se anuncia la colaboración con la empresa *Waymo* para trabajar en el campo de los vehículos autónomos con la 100 Chrysler Pacífica Híbrida.

Para el 2017 la marca *Alfa Romeo* tiene grandes alcances al lanzar al mercado la Stelvio y lograr su regreso a la Formula 1 para el campeonato del 2018. La marca Jeep se expande con su producción de la Jeep Compass teniendo un total de cuatro países encargados de la producción de esta camioneta alrededor del mundo. De sus últimos avances en tecnología, FCA firma un contrato con *BMW Group*, *Intel* y *Mobileye* para trabajar en conjunto sobre el desarrollo de una plataforma de conducción autónoma.



FIAT CHRYSLER AUTOMOBILES

Imagen 1 Logo de Fiat Chrysler Automobiles, FCA Group

1.2 Organigrama del área (*Engine systems*)

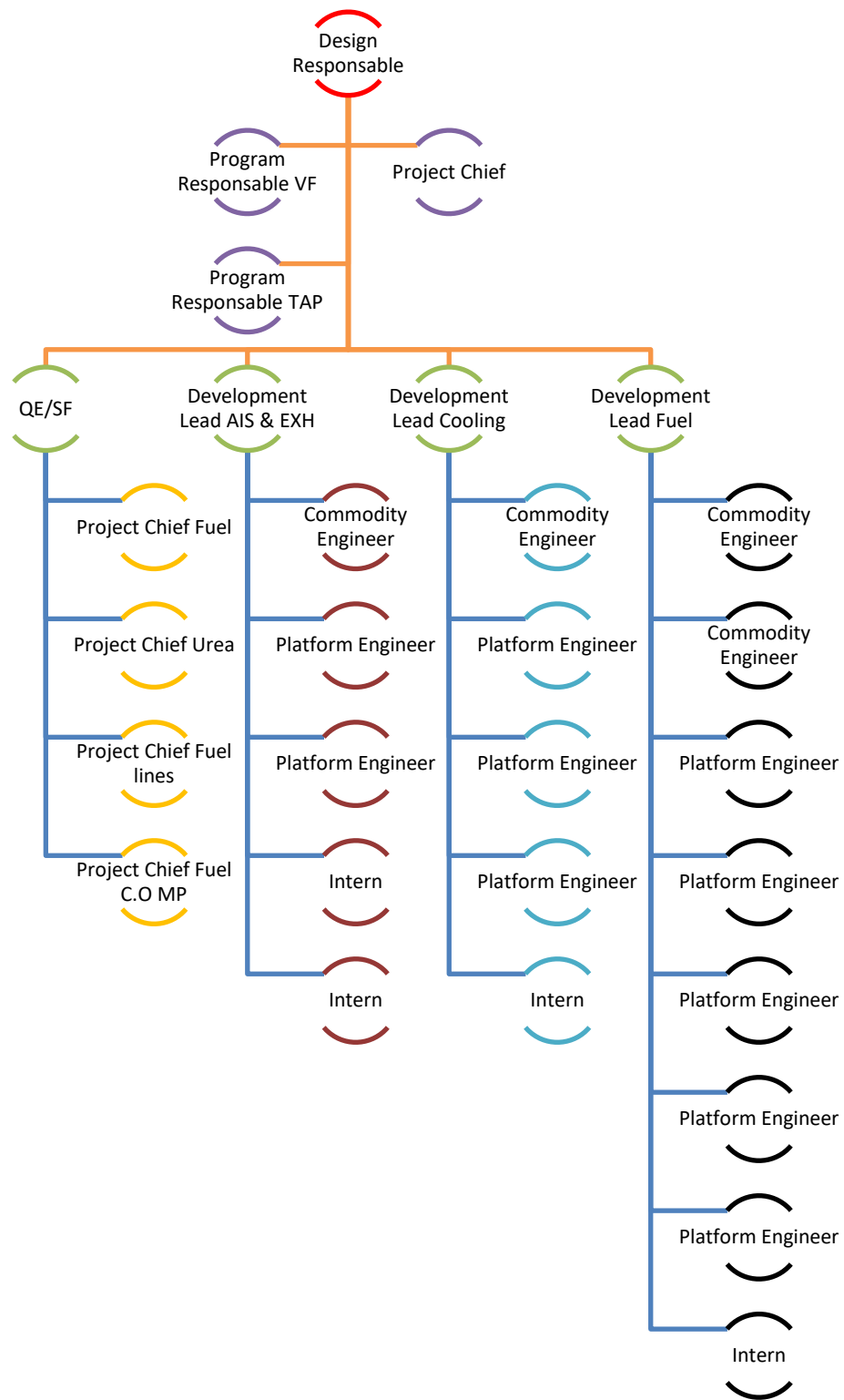


Figura 1 Organigrama, Elaboración propia

Capítulo 2. Información de los sistemas de inducción de aire y escape

2.1 Sistema de inducción de aire (subensambles)

El Sistema de inducción de aire (Imagen 2), es aquel que provee de aire al motor. Para que se realice la combustión debe de proveerse al motor de al menos combustible, aire y una chispa que haga reaccionar los fluidos.



Imagen 2 Sistema de inducción de aire, SONUS

El aire debe poseer ciertas características antes de ser inducido hacia el motor, por lo que no puede entrar tal y como se obtiene del medio ambiente pues podría causar implicaciones negativas en el funcionamiento del motor.

Como se muestra en la Imagen 3, el sistema se encuentra formado por tres subensambles principales:

- **DSC** → El ducto de aire sucio
- **Air Cleaner** → La caja de aire (incluyendo el elemento filtrante)
- **CSD** → El ducto de aire limpio

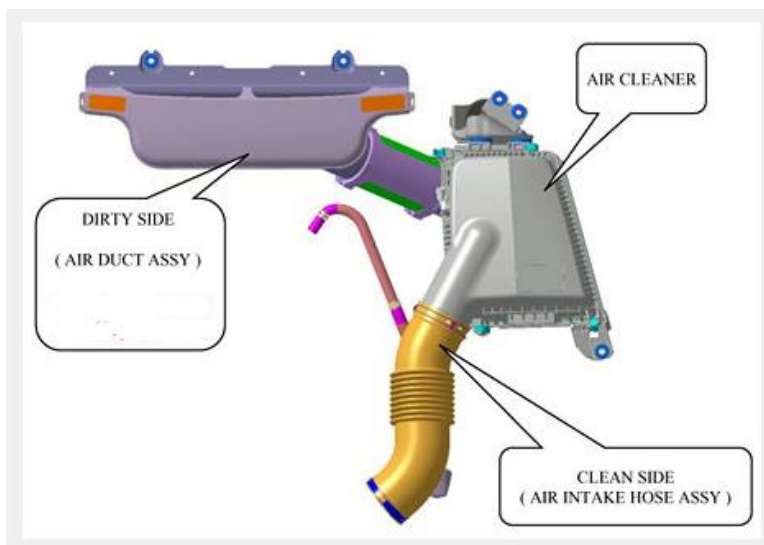


Imagen 3 Subensambles del sistema de inducción de aire, Global B2B Marketplace

Aunado a estos, pueden agregarse resonadores en el ducto de aire limpio para controlar el flujo. Los materiales con los que están fabricados la mayoría de los componentes son comúnmente poliamidas (PA), las cuales son polímeros de cadena larga que contienen enlaces de tipo amida. Las poliamidas son de las familias más usadas dentro de los polímeros de ingeniería debido a sus propiedades, tales como: alto punto de fusión, alta rigidez, resistencia al envejecimiento por altas temperaturas, resistencia a materiales químicos como gasolina, grasa o aroma, entre otros.

De acuerdo con el diseño del sistema de inducción de aire, debe mantenerse tal que la conexión de entrada de aire al motor no esté cercana al cuerpo del motor, la *MUA Hose* debe encontrarse a una temperatura “tibia” con respecto a las temperaturas manejadas por el motor para evitar problemas de congelamiento de los gases que circulan por ella. Estos puntos entre otros están dirigidos a lograr que el aire que se encuentra circulando por el sistema no alcance temperaturas elevadas y llegue lo más fresco posible al motor, pues entre menor sea la temperatura del aire, este será más denso y contendrá mayor cantidad de oxígeno que le puede proporcionar al motor para un mejor desempeño. A continuación, explicaré detalladamente cada subensamble.

2.1.1 Ducto de aire sucio

Este subensamble está encargado de recolectar el aire del medio ambiente para procesarlo e introducirlo dentro del filtro de aire (Imagen 5). En *FCA* existe un documento que hace referencia a las especificaciones de diseño de este ducto, las cuales no pueden ser descritas por las políticas de privacidad de la empresa; sin embargo, es conveniente mencionar que la posición por donde toma el aire el vehículo es de gran importancia, pues puede afectar con cuanta presión entrará al filtro, de igual manera la distancia al suelo es importante, pues lo que se trata de evitar al no colocar esta entrada de aire cerca del suelo es que el agua o nieve no se permee dentro de la caja de aire y provoque un bajo rendimiento en el vehículo. A la parte del ducto por donde ingresa el aire se le conoce como *snorkel* (Imagen 4).



Imagen 4 Dirty Side Duct, Boplas

Existe una tolerancia sobre la cantidad de agua que puede llegar a pasar por el ducto de aire sucio, dicha tolerancia se establece según el diseño de la caja de aire de la que hablaré en el siguiente apartado.



Imagen 5 Posición vehicular del DSD, Youtube

2.1.2 Ensamble del filtro de aire

El ensamble de la caja de aire se puede separar en dos partes, por un lado, se encuentra la caja de aire en sí y por el otro está el elemento filtrante.

La caja de aire, como se mencionaba en el punto anterior, tiene como requerimiento la capacidad de soportar cierto volumen de agua y al sobre pasar dicho nivel, debe drenar el agua retenida. Los cálculos de esta relación de agua contenida en la caja se encuentran en las buenas prácticas de diseño de *FCA*.

En la Imagen 6, se puede apreciar la posición de la caja de aire, haciendo notar que la salida al motor se encuentra a una altura más elevada que la entrada de aire, esto es justamente para evitar la entrada de agua, nieve o impurezas del aire hacia el motor.



Imagen 6 Air box, WikiHow

Dentro de la caja de aire, se encuentra el elemento filtrante (Imagen 7) que se encargará de erradicar las impurezas que tiene el fluido, ya que, si estas partículas de polvo y suciedad entraran al motor, se vería afectado con un desgaste acelerado.

Los filtros disponibles en el mercado poseen una eficiencia del 97-99% siendo que cantidades porcentuales muy pequeñas de la cantidad de polvo que entra en el motor, puede representar una gran cantidad de polvo cuando se mide en gramos/hora.



Imagen 7 Filtro de aire, WikiHow

2.1.3 Ducto de aire limpio

El ducto de aire limpio (Imagen 8) es aquel que dejará pasar la masa de aire hacia el motor, por lo tanto, el fluido en esta parte del proceso no debe tener impurezas para respaldar la vida útil del motor con la cual fue diseñado. Sin embargo, hay otros parámetros que se deben considerar para el correcto funcionamiento de este subensamble, como lo es la temperatura del fluido y evitar las turbulencias.



Imagen 8 Clean Side Duct, Boplas

Siendo de lo más importante a controlar, la temperatura debe permanecer lo suficientemente baja para aprovechar la energía contenida en el fluido debido al ciclo Otto del motor, pues si llegase a entrar a una temperatura elevada, podría no contener la cantidad de oxígeno suficiente para llevar a cabo la combustión y las consecuencias podrían verse reflejadas en pérdida de potencia del automóvil, por lo tanto, se debe considerar que el material resista dichas temperaturas. También, se diseña el sistema de inducción de aire con base en mantenerlo alejado de las grandes fuentes de calor para evitar este tipo de problemas.

El ducto de aire limpio normalmente se encuentra conectado con un tubo flexible, de forma que desacopla los movimientos que tiene el motor durante el uso del vehículo y así, estos no afecten la integridad del resto del sistema de aire que está fijado al *body*.

Por otro lado, la *MUA Hose* (Imagen 9), es un componente que forma parte normalmente del CSD, aunque dependiendo de los parámetros de diseño, puede ir conectada a la tapa de la caja de aire, esta autoparte ayuda a evitar que los gases del combustible no quemado, así como de vapores del aceite no salgan liberados hacia la atmosfera por consecuencia de una contra presión, es por eso que esta manguera hace el trabajo de recircular esos gases expedidos por el motor y vuelve a introducirlos pasando por una fase previa de limpieza de impurezas en una cámara con un filtro dedicado.



Imagen 9 Posición vehicular de la MUA Hose, 4Abarth

2.1.4 Resonadores

Dentro del sistema de inducción de aire, se pueden encontrar resonadores (siendo opcionales dependiendo del diseño, geometría y tipo de motor). Están diseñados con el propósito de dejar pasar un fluido con comportamiento de tendencia laminar, siendo que pueden ayudar a la regulación de la presión gracias a la geometría con la que se construyen (Imagen 10).



Imagen 10 Resonator, Extreme auto parts

Estos resonadores, funcionan mediante el principio del resonador de Helmholtz (Imagen 11); el cual hace pasar el aire por una o más cámaras, si la frecuencia del emisor es igual o muy parecida a la frecuencia resonante de la cavidad del resonador, este la amplificará y permitirá percibirla aisladamente, debido a eso se puede controlar el comportamiento del fluido, en este caso aire, para direccionarlo hacia el motor evitando sea turbulento.

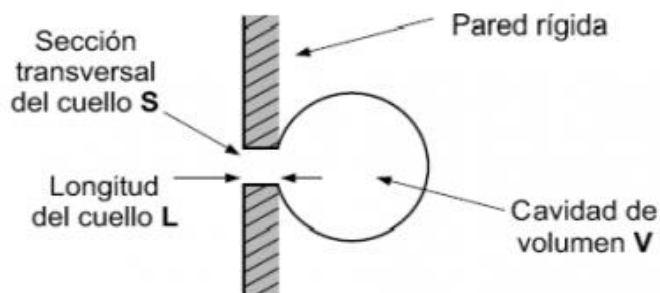


Imagen 11 Resonador de Helmholtz, Ecoacústica K

2.2 Sistema de escape (subensambles)

El sistema de escape (Imagen 12) es el encargado de liberar los gases provenientes del motor hacia el ambiente, después de haber realizado la combustión, de forma que se evite la liberación de CO y NOx, ya sea para motores a gasolina o diésel, lo que significaría una combustión incompleta.

Este sistema se puede dividir en dos subensambles, el *Hot end* compuesto principalmente por el convertidor catalítico y el *Cold end*, que incluye a los mofles, resonadores, soportes y gomas de aislamiento.

El sistema de escape es un tema delicado en cuanto al rediseño de partes, pues cada componente debe de cumplir con especificaciones delimitadas por los estándares de *FCA*, así como también pasar las correspondientes validaciones de pruebas que se realizan para evitar corrosión, falla por vibraciones, cargas dinámicas y estáticas, las cuales se vuelven no viables si se realizan muy continuamente por el alto costo que representan.

El proceso en general de la liberación de los gases de escape comienza a la salida del motor, donde el múltiple de escape dirige los gases hacia el convertidor catalítico, el cual debido a la química en sus sustratos hace reaccionar estos gases para idealmente liberar solo N_2 , CO_2 , y H_2O . Una vez obtenida la reacción, se procede a controlar tanto el sonido que tendrá el escape como el comportamiento dinámico de los gases por medio de los mofles y resonadores, los cuales funcionan bajo el principio del resonador de Helmholtz, fenómeno físico que expliqué anteriormente en los resonadores para el sistema de inducción de aire.

Por otro lado, todo el sistema de escape debe de estar fijado a alguna parte del vehículo, normalmente es a *underbody*, aquí es donde entran en funcionamiento los *brackets* y los *isolators* cuyo propósito general es mantener fijo el sistema de escape. Existe un desacoplamiento justo en la división del *hot end* y *cold end*, apoyado en un tubo flexible que absorberá los movimientos provenientes del motor y así evitar que el *cold end* sufra fracturas o desprendimientos del vehículo como consecuencia del movimiento y las vibraciones que pueda generar el motor.

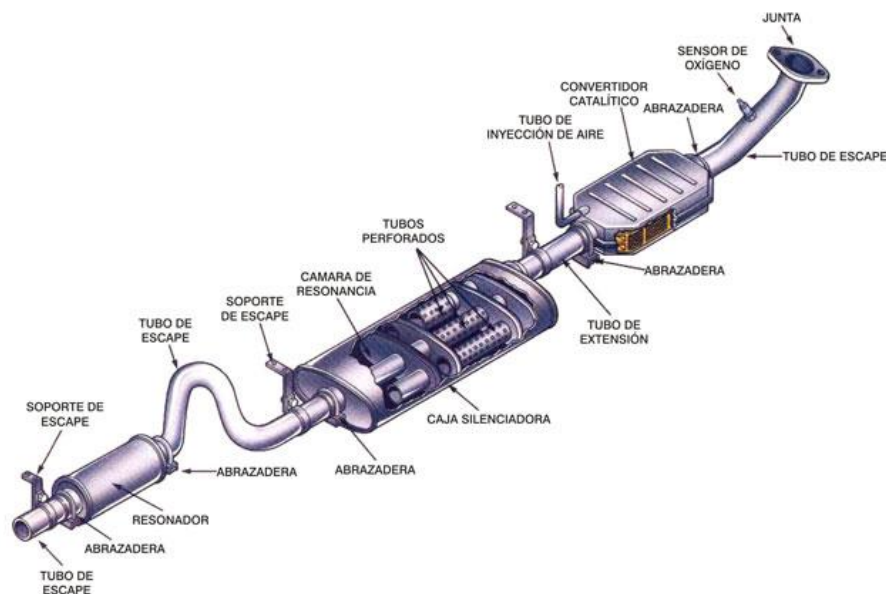


Imagen 12 Sistema de escape, Mecánica Automotriz

2.2.1 Hot end

Esta principalmente conformado por el convertidor catalítico, el cual realiza la función de hacer reaccionar químicamente los gases emitidos por el motor con ayuda de un sustrato en su interior. El sustrato es un componente cilíndrico cerámico hecho a base de metales preciosos como Platino, Paladio y Rodio. La geometría que tiene en las caras frontales tiene la forma de un panal de abejas cuya función es direccionar a los gases de escape a través del sustrato, los metales preciosos hacen la función de catalizadores provocando las reacciones químicas (Imagen 13).

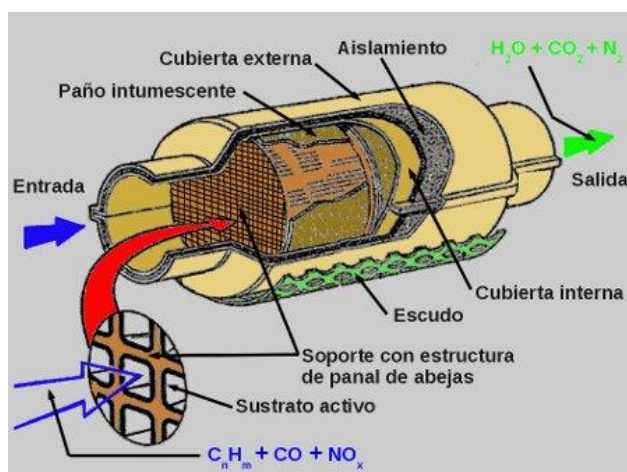


Imagen 13 Funcionamiento del convertidor catalítico, Sabelotodo

De esa manera, los hidrocarburos, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, entran por una parte del sustrato para dejar salir idealmente a los productos N_2 , CO_2 , H_2O que circularán por el resto del sistema de escape para ser liberados al ambiente.

2.2.2 Cold end

El resto del sistema de escape se le conoce como *cold end*, aunque no precisamente porque tenga temperaturas muy bajas, pues puede alcanzarse hasta 100 o 200 °C.

Como lo mencioné antes, existe un tubo que sirve como desacople de aquello que este fijo en el *underbody* a lo que se fija al motor para evitar una fractura en el sistema, el resto de los tubos normalmente rígidos son hechos de acero inoxidable para evitar tener problemas con la corrosión.



Imagen 14 Resonador, AliExpress

Por otro lado, los mofles y resonadores son creados para poder controlar el sonido, la frecuencia y por tanto vibraciones en el sistema de escape con base en la dinámica del fluido, pues su principio físico base es retribuido a los resonadores de Helmholtz antes mencionados, ya que como se puede observar en la Imagen 14 y 15, su geometría permite filtrar las ondas sonoras del fluido. El proveedor o fabricante de estas partes se encarga de realizar pruebas en software para determinar cuál es el movimiento de los gases de escape así como la frecuencia, para así, establecer cuál será el sonido emitido por el automóvil.



Imagen 15 Mofle, 500 Madness

La forma en que se puede mantener unido el sistema de escape al automóvil es por medio de los *isolator* y *hangers*, ambos trabajarán en conjunto para poder soportar el peso estático y dinámico de todo el sistema y evitar llevar vibraciones mecánicas hacia el resto del automóvil.

Los *hangers* (Imagen 17) son ejes de acero que se sueldan a los tubos de escape en ciertos puntos a lo largo del sistema, dichos puntos se establecen con base en un estudio de cargas dinámicas del vehículo. Los *isolators* (Imagen 16) son gomas con geometrías específicas para poder ser acopladas con los *hangers*, en algunas ocasiones son complementados con soportes para hacer la sujeción hacia *underbody*.



Imagen 16 Isolator, Renegade Station



Imagen 17 Posición vehicular del aislador y hanger, Nico Club

Capítulo 3. Descripción del puesto

Las actividades especificadas para este puesto están enfocadas a la realización de proyectos delimitados por periodos de 5 meses, de los cuales hablaré acerca de sus características en el siguiente capítulo. También dentro de las actividades diarias de este puesto, en paralelo al proyecto, se realizan liberaciones de las partes de los sistemas correspondientes al área, utilizando el *software Team Center*.

Es necesario tener conocimiento del *software NX* acerca de los módulos de *modeling, drafting, mechanical routing* y *sheet metal* para llevar a cabo las propuestas de diseño para posibles futuras implementaciones. Otra parte fundamental es el manejo del idioma inglés, pues debido al origen de la empresa (Italia - Estados Unidos) se tiene constante comunicación tanto escrita como oral con personas de Estados Unidos, Brasil, Italia, etc.

Capítulo 4. Descripción de las actividades desarrolladas

Mis actividades principales dentro de la empresa se enlistan a continuación:

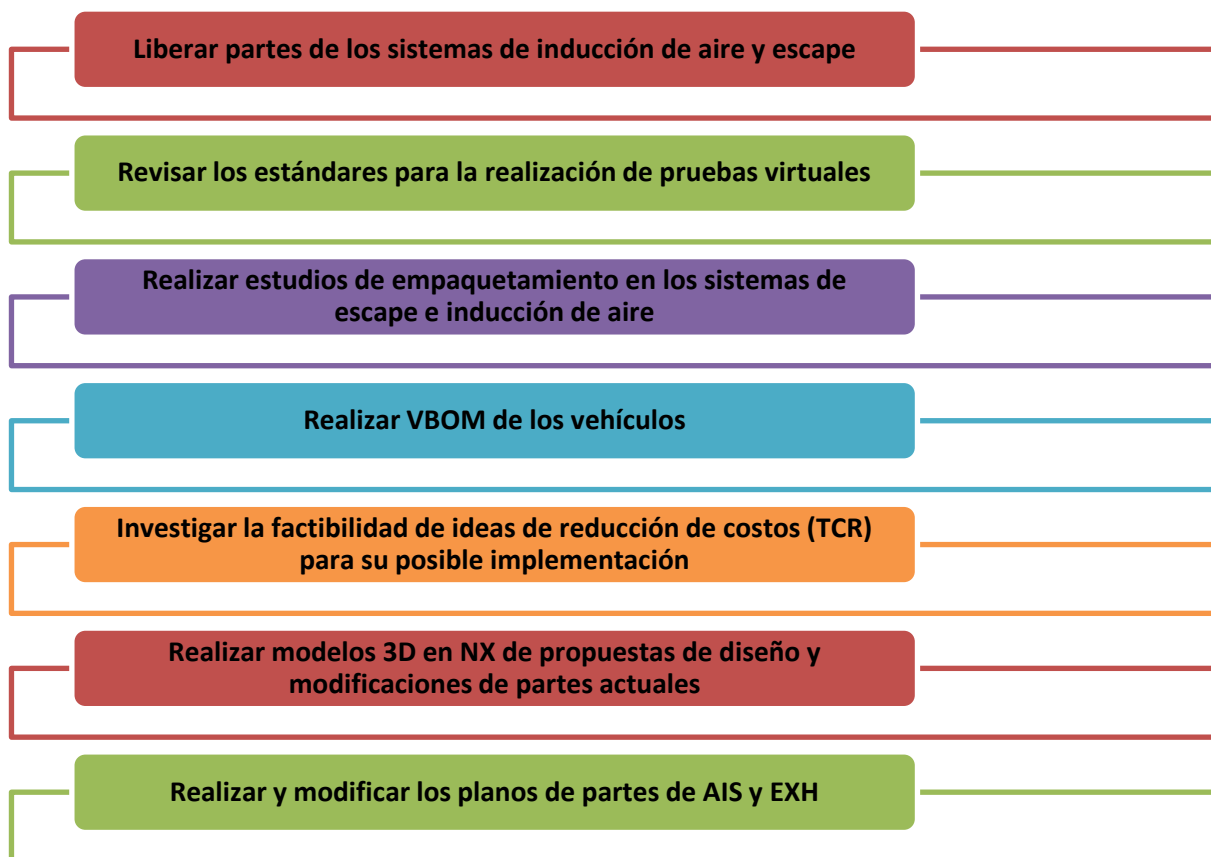


Figura 2 Actividades, Elaboración propia

A continuación, explicaré detalladamente lo que cada una de estas actividades comprende.

Liberación de partes:

La liberación de partes es un proceso que ocurre a nivel *software* con la ayuda de *Team Center*, de *NX 10* (*software* de *CAD* usado en la compañía) y algunos otros recursos electrónicos, por el cual deben pasar todas las partes que conforman el vehículo para que puedan ser validadas. En general para que una parte pueda ser validada, primero debe realizarse un diseño preliminar en el cual se consideren distancias a los componentes cercanos con el fin de evitar un sobre posicionamiento o efectos físicos no deseables. Una vez realizado el modelo 3D en *NX* se trabaja sobre el plano, creando las vistas necesarias, al igual que se incluye la información requerida de

materiales y dimensiones para poder llegar al paso siguiente que es tratar con el proveedor que se encargara de la fabricación de la parte.

Una vez realizado el trabajo de diseño y especificaciones en el plano, se sigue propiamente el proceso de la liberación, es decir, exportar al sistema de *Team Center* una parte validada para su producción. Posteriormente se revisa que el diseño 3D cumpla con las geometrías y normatividad impuesta por la empresa con ayuda del mismo software que tiene configurado dichas propiedades. Después, se revisa el plano 2D. Lo importante aquí es que la tabla de materiales coincida con aquellos que el proveedor indicó, así como también que las cotas, simbología y datos reflejados en el plano sean coherentes con la parte que se liberará, a esta parte también se le conoce en el rubro de ingeniería como *GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing)*. En este punto es muy importante el criterio del Ingeniero pues debe tener el conocimiento del sistema que está manejando para poder determinar cuándo alguna especificación no es correcta o existen errores en el dibujo.

Una vez terminadas esas dos revisiones se entiende que la parte esta correctamente validada, así que se procede a registrarla en el sistema *Team Center* y así mandar las especificaciones al proveedor.

Revisar los estándares para la realización de pruebas virtuales:

Para realizar una validación de alguna parte del vehículo, como lo mencioné, deben realizarse pruebas virtuales (método de elemento finito) y físicas para analizar su comportamiento dinámico en el vehículo; por ejemplo, vibración, cargas dinámicas y estáticas, corrosión, durabilidad, etc. Para realizar esta actividad, continuamente revisaba los estándares de la compañía para conocer los requerimientos y procesos de estas pruebas, en qué consisten y en qué momento son válidos para elegir la prueba correcta a partir de los datos que necesitaba.

Algunas de las validaciones virtuales para definir el empaquetamiento, es decir, las distancias que deben existir entre componentes para evitar temas de desgaste o fatiga se encuentran dentro del estándar *CS-Routing*.

También, revisé algunos otros estándares referentes a materiales validados por la empresa, así como también del proceso para validar aquellos que aún no se encuentran registrados por *FCA*.

Realizar estudios de empaquetamiento en los sistemas de escape y de inducción de aire:

Conviene mencionar que el diseño de un componente está basado en los requerimientos del ambiente donde se encuentre localizado, por eso es necesario tomar en cuenta los factores físicos como la temperatura, la corrosión, fricción entre componentes, vibraciones, cargas, entre otros efectos físicos, pues estará expuesto a ellos todo el tiempo y no deben afectar el rendimiento del componente. Para evitar desperfectos, se realizan diversos estudios y pruebas tanto virtuales, como físicas para poder ser validados.

Debido a estos requerimientos, realicé estudios de empaquetamiento, es decir, análisis de distancia entre componentes que se encuentran alrededor de la parte que se estaba diseñando, para poder determinar si era necesario realizar un rediseño o si cumplía con todos los requerimientos de empaquetamiento y los impuestos por la manufactura.

Por ejemplo, a lo largo de las tuberías del sistema de escape se encuentran circulando gases, resultado de la combustión del motor, se manejan temperaturas altas que pueden afectar el rendimiento o la seguridad de algunos otros sistemas como, por ejemplo, el tanque del sistema de combustible. Este tanque es diseñado conforme a los estándares de manufactura, pero también se toman en cuenta las distancias y empaquetamiento respecto a los demás sistemas, debido a la sinergia que se tiene por el comportamiento dinámico del vehículo, de hecho, tomando en cuenta la distancia que se tiene con las tuberías de escape, el tanque de combustible debe posicionarse lo suficientemente lejos evitando un problema debido a fugas en el tanque y evitando la combustión de gasolina o diésel, otra forma de solucionarlo es agregando componentes que ofrecen protección térmica y mecánica, tales como los *heatshields*.

Realizar VBOM de los vehículos:

Un *VBOM (Visual Bill Of Materials)* es una forma gráfica de representar las partes de un sistema de un vehículo que incluye información de *Team Center*, así como la posición gráfica de la parte en el sistema. Una de mis tareas al inicio de mis actividades en la empresa, fue realizar estos *VBOM* para dos vehículos, con diferentes configuraciones en el sistema de escape y en el sistema de inducción de aire. La actividad enriqueció mi conocimiento acerca del funcionamiento de los sistemas con los que trabajé, así como también me permitió conocer la posición que ocupan dentro de los coches.

Investigar la factibilidad de ideas de reducción de costos (TCR) para su posible implementación

Las reducciones de costos comienzan con la visualización del vehículo, ya sea en forma virtual con el visualizador de *NX* o en forma física, observando el vehículo se puede evaluar a primera instancia si hay alguna posibilidad de reducir el costo de una parte sin comprometer las propiedades mecánicas, térmicas y de funcionamiento de esta. Mi tarea en esta parte consistió en hacer los estudios antes mencionados de los claros si es que alguna parte debe ser modificada, y de ser así, realizar la propuesta de diseño para después dar la información recabada a otro ingeniero que la conjunte con información de estudios previos realizados y así pueda darle seguimiento a dicha idea para implementarla.

Realizar modelos 3D en NX de propuestas de diseño y modificaciones de partes actuales

La mayoría de las ideas de *TCR* consisten en modificar la geometría de las partes actuales o en el caso de mangueras o ductos, realizar un cambio de ruta que facilite y/o evite se traslape con alguna otra parte. Por lo cual, tuve que realizar diversas propuestas de diseño de las cuales hablaré detalladamente en el siguiente capítulo. Sin embargo, para la realización de esta actividad, desde el punto de vista de ingeniería es muy importante pues es necesario conocer las limitantes de los procesos de manufactura, de los materiales, el posicionamiento debido a las cargas estáticas y dinámicas a las que estaba expuesta la parte, así como otras restricciones impuestas por la física y dinámica del vehículo, de esta manera se asegura que la propuesta puede ser viable para darle seguimiento hacia una posible implementación.

Realizar y modificar los planos de partes de AIS y EXH

Los planos juegan una parte relevante durante el proceso de producción pues de estos dependen muchos puntos tales como, en el caso de las tuberías y ductos, las coordenadas que se utilizan para realizar el doblado en una máquina *CNC*.

Para la liberación de muchas de las partes, realicé modificaciones en el dibujo 2D pues si existe algún cambio debido a un *TCR* o de alguna otra naturaleza, hay que realizarlo en las especificaciones del dibujo y que el proveedor no tenga ningún problema al momento de fabricar la parte, de ahí la importancia que tiene realizar el plano debidamente especificado con las tolerancias correctas y los puntos geométricos correctamente especificados. Fue aquí donde implementé lo aprendido de *drafting* tanto de la facultad como en el curso tomado en *FCA*.

Capítulo 5. Propuestas de diseño en el sistema de escape

5.1 TCR “Cambio de escudo de calor”

El motivo por el que se requería quitar el *heatshield* del *maniverter* es para realizar un *TCR*; sin embargo las partes, como se muestra en la Imagen 19, que este cubría no se pueden dejar desprotegidas, es decir, no pueden dejarse expuestas al calor que irradian los gases de escape a la salida del motor (Imagen 18); por tal motivo, en lugar de remover el escudo de calor actual, se pensó en sustituirlo por otro que ocupara una menor área para reducir la cantidad de material usado y por consiguiente reducir el costo de la parte.

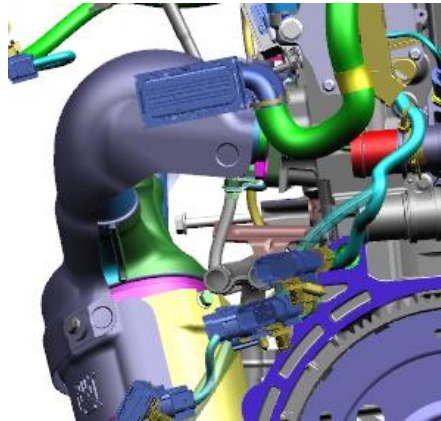


Imagen 18 Posición vehicular del convertidor catalítico, NX Siemens PLM Software

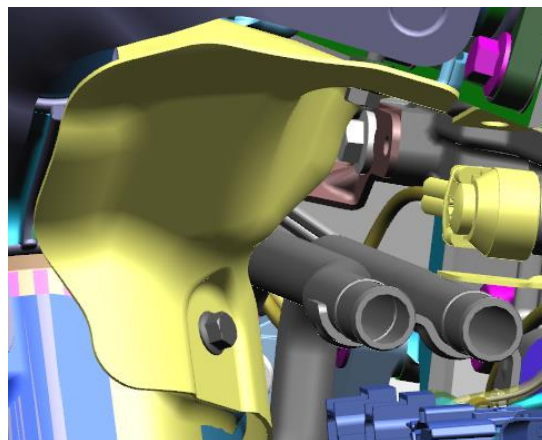


Imagen 19 Heatshield actual, NX Siemens PLM Software

Si solo se removía el *heatshield* y se dejasen descubiertas las líneas del sistema de enfriamiento, podría causar inconvenientes con los componentes cercanos de tipo térmicos. Para confirmar esto, siguiendo las buenas prácticas de diseño, se deben cumplir con determinadas distancias a partir de una fuente de calor. Por esta razón, realicé un estudio para medir los claros entre el *maniverter* y los componentes cercanos que, en este caso, son líneas pertenecientes al sistema de enfriamiento. El resultado fue que estaban demasiado cerca para poder dejarse descubiertas, por lo que se optó por la decisión de realizar una propuesta para un nuevo *heatshield* (Imagen 20).

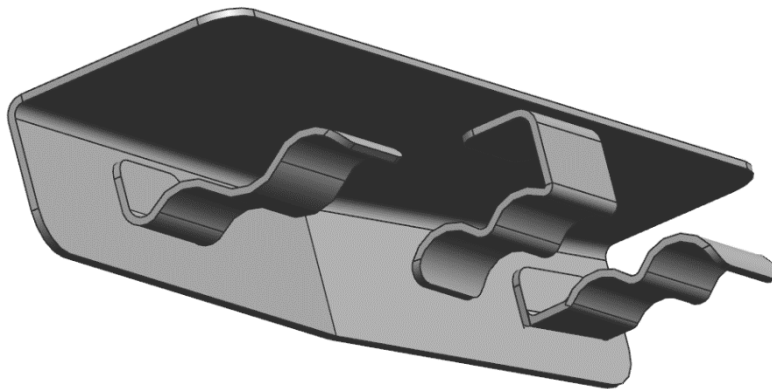


Imagen 20 Propuesta de Heatshield, NX Siemens PLM Software

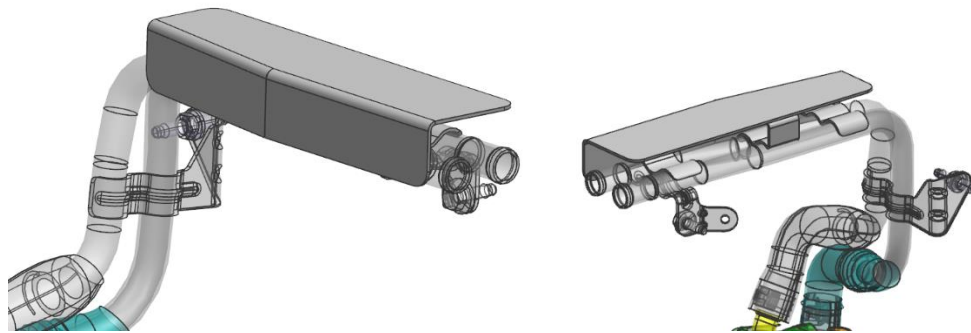


Imagen 21 Vistas frontal y trasera de la propuesta, NX Siemens PLM Software

Como resultado de esta idea de *TCR* (Imagen 21), la validación requerida para poder certificar este cambio tendría un costo muy elevado en comparación del beneficio que traería. Además, se determinó que esta área del motor-*maniverter*, es una zona muy crítica, por la cual tener el control de la temperatura es muy relevante. Entonces se decidió por declinar esta idea y conservar el *heatshield* actual.

5.2 TCR “Cambio de ruta de la cola de escape”

Uno de los *TCR*’s más relevantes que surgió durante mi estancia en *FCA*, fue la sustitución de la cola del sistema de escape, esta idea llamó mucho la atención ya que significaría un ahorro muy significativo, pues gran parte del *cold end* sería completamente eliminada, reduciendo el sistema de escape a solo una cola de escape después del mofle.

En general, la idea consiste en redireccionar la cola de escape para que, en lugar de dejar salir los gases de escape por la parte trasera del auto, dejar la salida a un costado del lado del conductor. Se tuvieron algunas dudas en cuanto a la validación de emisiones; sin embargo, todas fueron aclaradas y debidamente argumentadas para poder proceder con este *TCR*.

En las imágenes 22 y 23 se observan las vistas inferiores de lo que se piensa implementar al hacer el cambio de la cola de escape.



Imagen 22 Vista inferior del sistema de escape actual, NX Siemens PLM Software

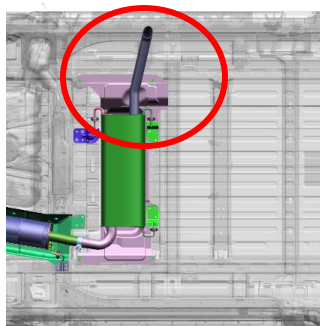


Imagen 23 Vista inferior de la propuesta del sistema de escape, NX Siemens PLM Software

Para realizar el diseño de la cola de escape (Imagen 24), tuve que revisar los estándares y las buenas prácticas de diseño y de esta manera conocer cuáles son las distancias mínimas que debe cumplir el componente en relación con las partes que tiene alrededor. El escape aunque no lo parezca, es un sistema en constante movimiento pues se encuentra acoplado mediante el catalizador, al motor y a pesar de que antes del mofle se encuentra un tubo flexible para evitar que el sistema se pueda fracturar debido al movimiento del motor, existe un movimiento remanente en la cola de escape, que de no ser controlado, usando gomas que amortigüen el movimiento y por diseño considerando las distancias correctas para evitar contactos entre los componentes, puede verse reflejado con algún ruido molesto por el golpeteo o roce que exista con el marco del auto u otro componente.

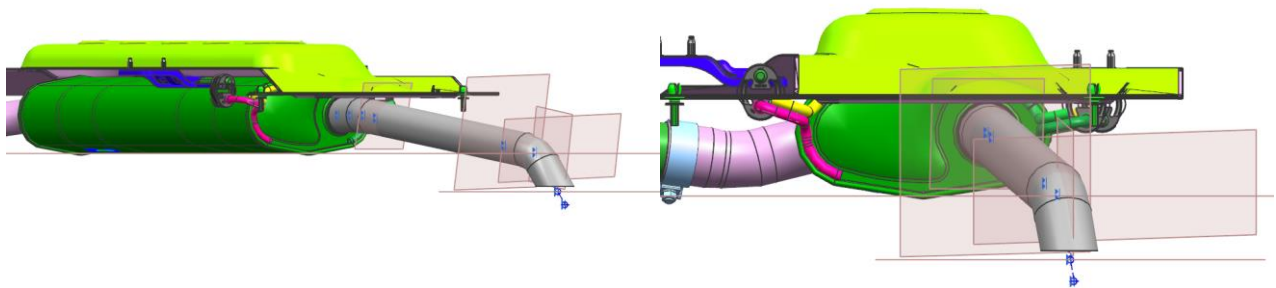


Imagen 24 Propuesta de diseño de la cola de escape, NX Siemens PLM Software

Otro punto que tomé en cuenta es el ángulo de salida de la cola de escape. Se debe controlar dicho ángulo para direccionar la emisión de los gases de escape, estos gases debido a regulaciones y normativas en ciertos mercados no deben salir completamente perpendiculares al coche (Imagen 25). Además, la relación de altura tomada con respecto al piso y la cola de escape también se encuentra restringida (Imagen 26), de acuerdo con estándares de FCA, se encuentra definida una altura máxima y mínima para la salida de estos gases.

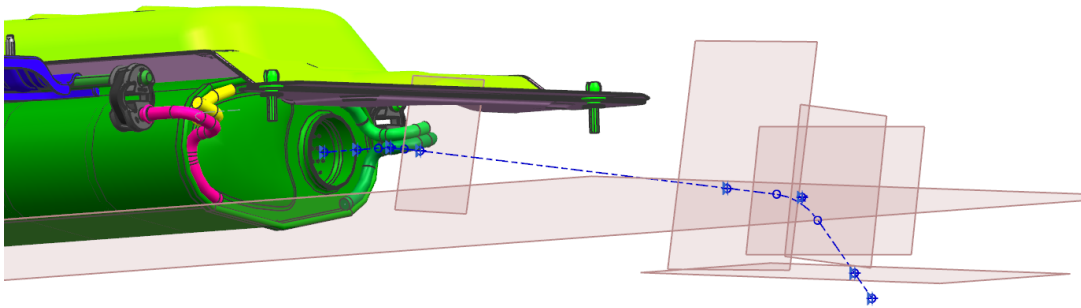


Imagen 25 Definición de la ruta de la cola de escape, NX Siemens PLM Software

Para el caso particular de este sistema de escape lateral, el *TCR* fue pensado solo para versiones específicas de esta camioneta, las cuales fueron solo aquellas camionetas con una puerta lateral deslizante (localizada en el lado opuesto a la salida de los gases de escape) y sin ventanas, pensando en evitar la intrusión de gases en la cabina del pasajero.

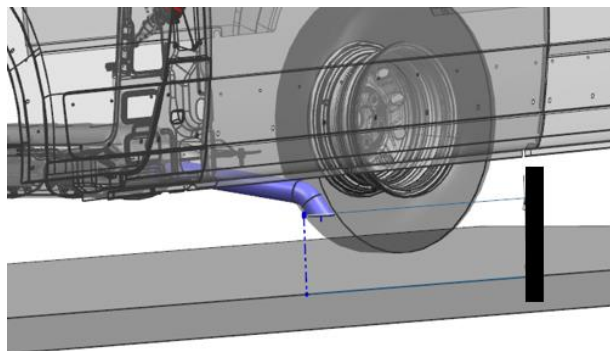


Imagen 26 Distancia al suelo, NX Siemens PLM Software

El proyecto aún no finaliza porque se continúa trabajando en su implementación, por el momento en cuestión de diseño, realicé las propuestas para una futura evaluación de costos y viabilidad de estas.

Capítulo 6. Propuestas de diseño en el sistema de inducción de aire

6.1 TCR “Cambio de material de los soportes de la caja de aire”

Este *TCR* consiste en realizar un cambio de material, de lámina de acero a un polímero, de los soportes de la caja de aire que se pueden observar en la Imagen 27, para reducir el costo de estos, sin comprometer la resistencia a la carga que los soportes actuales deben soportar.



Imagen 27 Soportes de la caja de aire, NX Siemens PLM Software

En la Imagen 28 se muestra el soporte superior y en la Imagen 29 el soporte inferior, los cuales serían las partes por modificar. Como primer paso del proyecto, averigüé la información concerniente a estos soportes, tal como el material, sus propiedades mecánicas y en el caso del registro de las pruebas virtuales cuando fueron diseñados los soportes, no pude conseguirlo debido a cuestiones burocráticas, más adelante mencionaré con detalle el porqué de esta problemática.

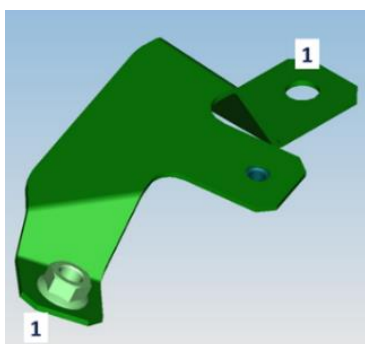


Imagen 28 Soporte superior, NX Siemens PLM Software

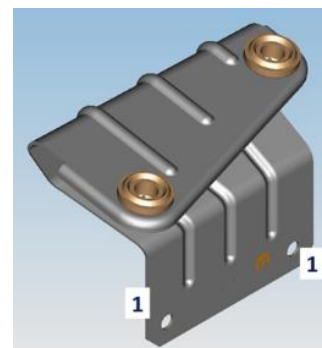


Imagen 29 Soporte inferior, NX Siemens PLM Software

Estándares relacionados:

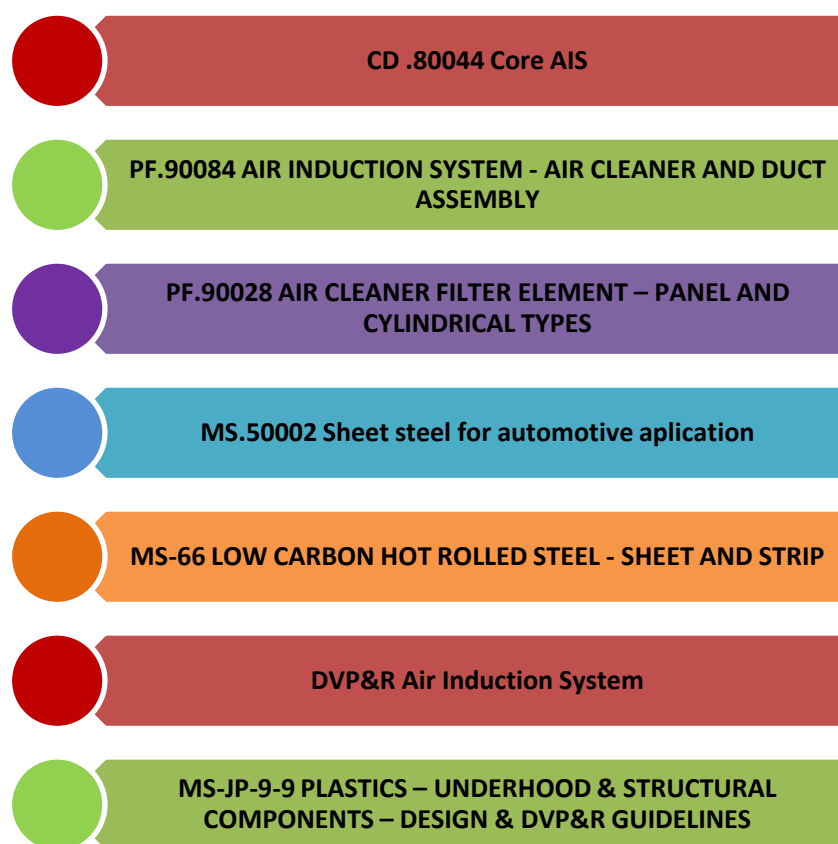


Figura 3 Estándares, Elaboración propia

Estos estándares hacen referencia al diseño de los soportes, hablan sobre diversas pruebas de validación que se deben realizar a cada soporte en cuanto a cargas estáticas y dinámicas, un ejemplo de ellas son las cargas del camino, también hacen referencia a los requerimientos que deben tener los materiales, la carga que pueden soportar, la corrosión y cambios de temperatura. Fue necesario que revisara estos estándares para conocer los lineamientos que debería cumplir al momento de realizar un diseño que incluyera el nuevo material.

Los materiales utilizados en el sistema de inducción de aire son elegidos de acuerdo con los requerimientos específicos con respecto a la aplicación vehicular, en el estándar PF.90084 se muestra un listado de los materiales más usados de acuerdo con su aplicación y hace referencia a otros estándares donde se especifica más sobre el tema.

Propiedades del material actual:

Para el material de los soportes, se utiliza lámina de acero *Hot Rolled (HR)* de los cuales existen 3 tipos HR11, HR12, HR13.

Dentro del estándar MS-66 se hace mención de que la única condicionante para este tipo de soportes es que el *Yield Strength* sea mayor o igual a 180MPa.

Este estándar fue actualizado por el estándar armonizado *FCA MS.50002*, donde encontré que se recomienda usar el HR13 ya que es el que mejor cumple con la condicionante impuesta con el anterior estándar (Tabla 1).

Mechanical Properties in Transverse Direction for HR Mild Steel	
Low Carbon HR Grade	YS Range (MPa)
HR 11	210-320
HR 12	180-290
HR 13	180-260

Tabla 1 Propiedades mecánicas del acero rolado HR 11,12,13, Elaboración propia

El área de *Virtual Analysis*, es la encargada de llevar a cabo los análisis de cargas dinámicas y estáticas que requeriríamos para validar los diseños de los nuevos soportes, nos pidió como requisitos las propiedades del material utilizado, la dirección de rolado (Imagen 30), la curva *True Stress-True Strain* del HR13 (Gráfica 1) y por último los análisis de cargas realizados cuando se validaron los brackets actuales.

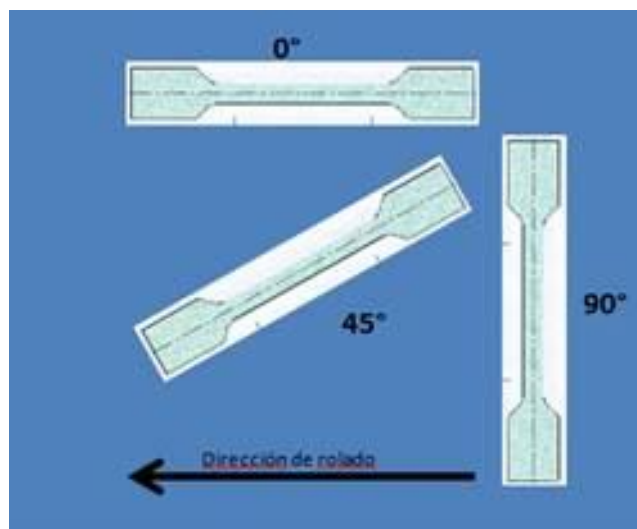
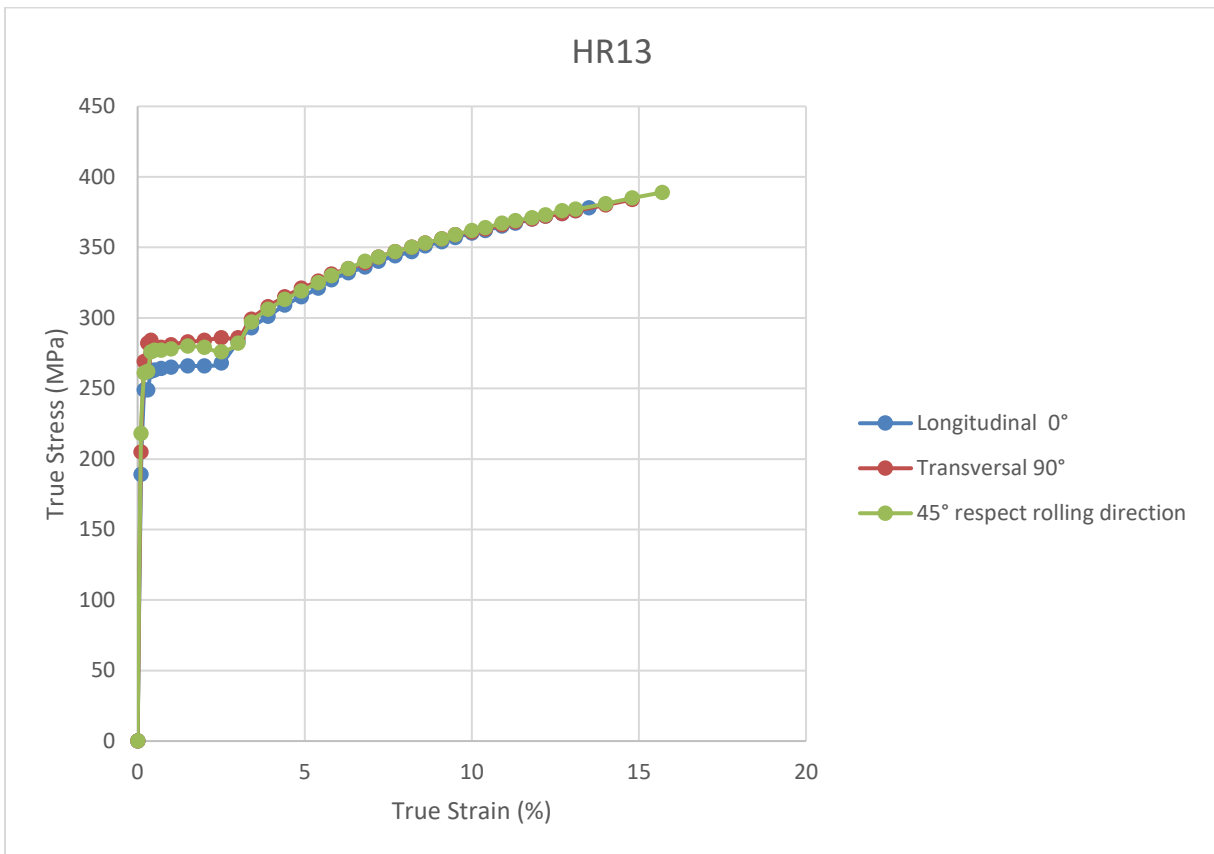


Imagen 30 Dirección de rolado



Gráfica 1 Curvas True Stress - True Strain de HR13

El inconveniente que surgió con el proyecto y el cual fue la razón del porque no continuó adelante fue que el propietario de las partes, es decir, quien tiene derecho principal sobre la modificación de los soportes es la región de EMEA, ellos no contaban con los estudios de cargas requeridos por *Virtual Analysis* para poder proceder con el análisis con el nuevo material.

La comunicación con EMEA se dificultaba y el estudio de cargas era muy necesario para continuar con el proyecto, por tales motivos fue que se decidió parar el proyecto hasta nuevo aviso.

6.2 TCR “Make Up Air Hose”

En el sistema de inducción de aire se encuentra un componente llamado *MUA Hose* por sus siglas en inglés (*Make Up Air Hose*) esta manguera tiene como función recircular los gases de aceite y de combustible no quemado que están en el motor con el fin de evitar que sean liberados al medio ambiente, por consiguiente, esta manguera regularmente está conectada por un lado al *Clean Side Duct* y por el otro extremo a la tapa de la cabeza del motor. Uno de los factores que se debe cuidar con este componente es el congelamiento, pues es muy susceptible a ello.

La propuesta de TCR constató en cambiar la configuración de la conexión de la *MUA Hose* al *CSD*, la forma en la que se realizaba la conexión era por medio de un *quick connector*, en la Imagen 31 se muestra el estado anterior al cambio de *TCR*.



Imagen 31 MUA Hose con quick connector, NX Siemens PLM Software

Junto con el cambio del *quick connector*, se sumó el cambio de ruta de la manguera debido al tema del congelamiento.

La primera modificación que realicé fue la que se muestra en la Imagen 32, esta muestra el cambio del *quick connector* a un *rubber connector* en los dos extremos de la manguera y una ruta diferente con base en la información que se tenía acerca de donde era el problema del congelamiento.



Imagen 32 Primera modificación, NX Siemens PLM Software

Durante la evaluación de esta propuesta, se observó que existía una curva en la manguera que generaba una pendiente no favorable (Imagen 33) debido a la continuidad del flujo de los vapores, por esa razón realicé una segunda modificación a la ruta para eliminar esa protuberancia cuidando que la distancia con la tapa del motor no sobrepasara las distancias permitidas según los estándares.

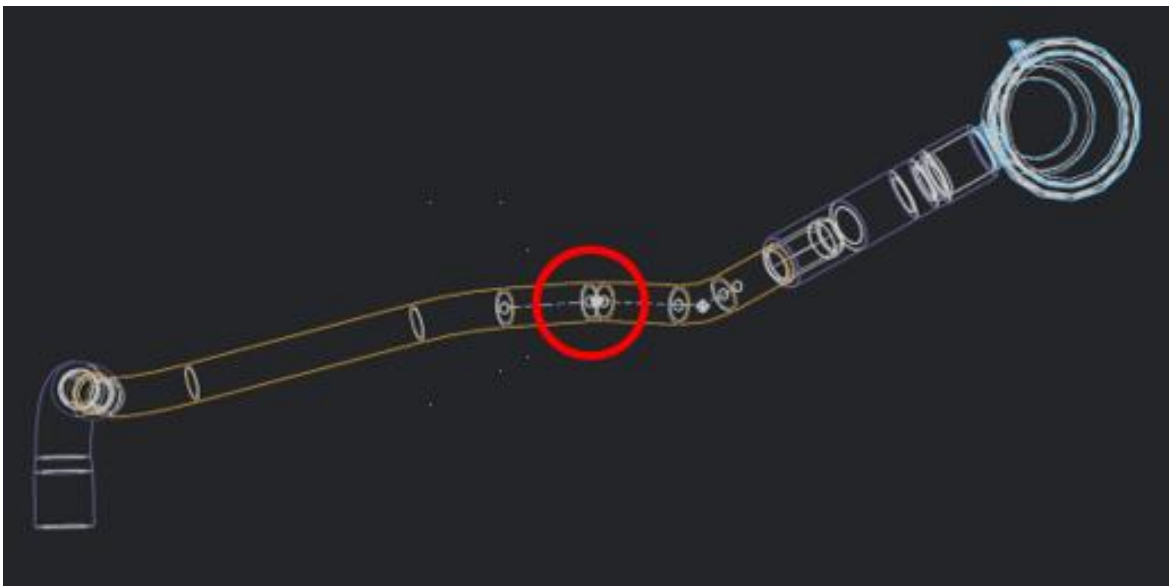


Imagen 33 Pendiente no favorable en la manguera, NX Siemens PLM Software

Teniendo como resultado la manguera de la Imagen 34.

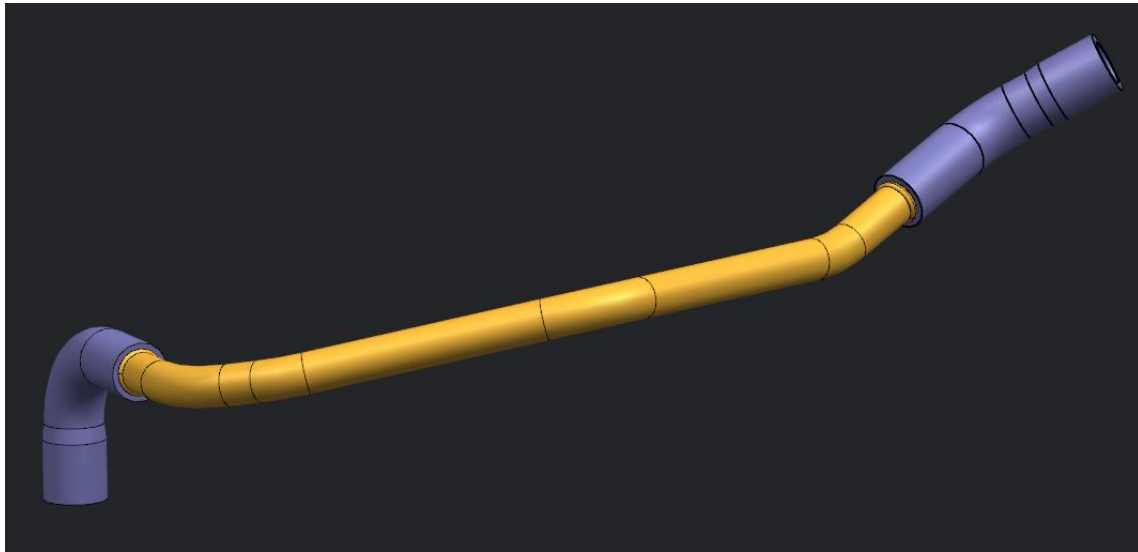


Imagen 34 MUA Hose con pendiente corregida, NX Siemens PLM Software

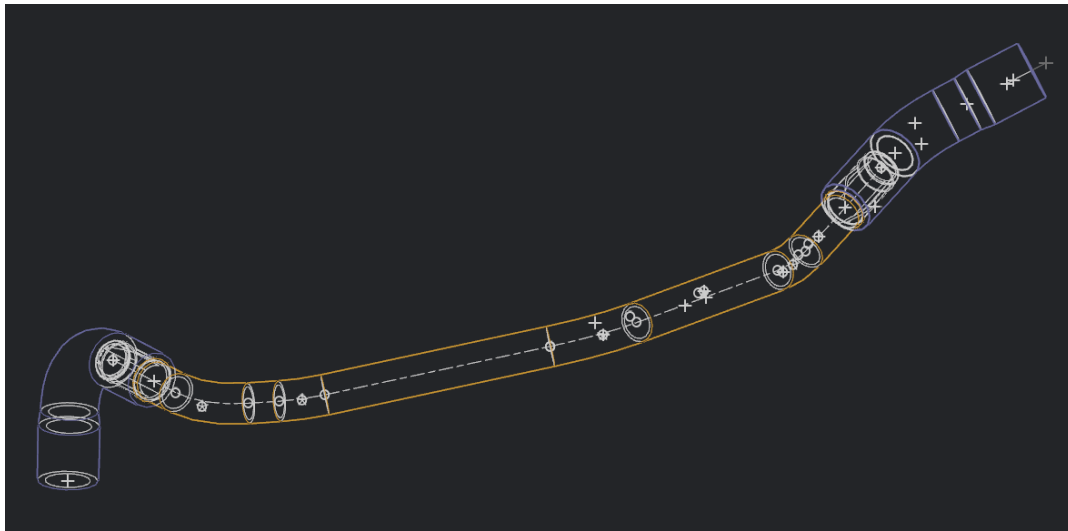


Imagen 35 Ruta del diseño final de la manguera, NX Siemens PLM Software

Utilicé el módulo de NX llamado *Mechanical Routing* para trazar una nueva ruta (Imagen 35) de forma que eliminé la anterior, y así, quedara una sola pendiente descendiente del CSD hacia el motor (Imagen 36).

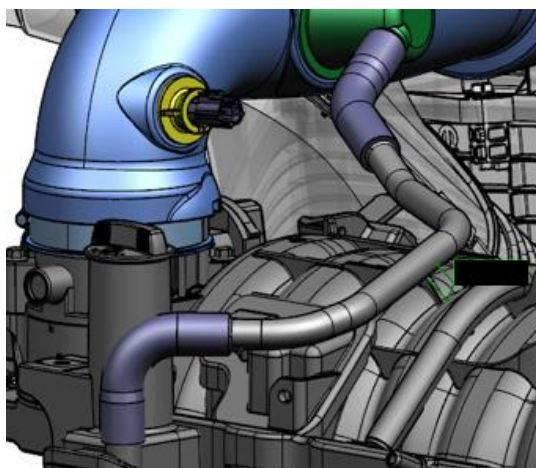


Imagen 36 Ambiente virtual de la MUA Hose, NX Siemens PLM Software

Actualmente, esta parte se encuentra validada con respecto a un análisis dimensional y el plano está siendo verificado por el proveedor encargado de producir la parte, para después comenzar su producción y hacer el cambio por esta nueva *MUA Hose* en el vehículo.

6.3 Rediseño del sistema de inducción de aire

En un vehículo, el sistema de inducción de aire presentaba un problema debido a que, en las pendientes con cierto ángulo de inclinación, se perdía la potencia necesaria del motor para poder subirlas. Previamente ya se había suscitado este evento, se tienen registrados estos eventos mediante las garantías o reportes de los distribuidores, sin embargo, en dicho momento no fue del todo relevante. Se realizó la investigación correspondiente para averiguar el origen del problema, se realizaron pruebas con termopares en diferentes partes a lo largo del sistema de inducción de aire y lo que se encontró fue que, en el CSD, en el extremo por donde entra el aire al motor se estaban registrando temperaturas más altas de las que deberían tenerse en esa zona y repercutía de manera que para lograr una combustión eficiente, el aire que entra al motor debe estar lo más fresco posible.

Como se sabe, el aire está compuesto por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de gases diversos, estas partículas si contienen energía en forma de calor su comportamiento será de expansión y los átomos estarán más separados unos de otros, por el contrario al tener una menor temperatura se encontrarán más cercanos uno de otro debido a la baja excitación por falta de energía y por tanto, si al motor entra aire a una temperatura baja los átomos de oxígeno, componente primordial para la combustión, se encontrarán más cercanos unos de otros y existirá un mayor volumen de ellos como resultado la combustión será eficiente.

Una vez obtenidos los resultados, se decidió buscar la forma de obtener el aire más fresco y una opción era rediseñando el sistema de inducción de aire completo, para lo cual presenté algunas propuestas modeladas en NX para proceder a realizar prototipos y pruebas.

El primer rediseño que hice adicionaba a la caja de aire un segundo ducto de aire sucio, que toma el aire por el lado contrario al primero y hacia la parte frontal del vehículo, como se puede observar en la Imagen 37.

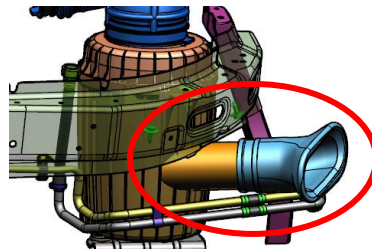


Imagen 37 Propuesta #1, NX Siemens PLM Software

Como se observa en la Imagen 38, añadí a la propuesta anterior, una rejilla a la entrada del aire, pues según los estándares de la compañía, para validación del sistema de aire es necesario pasar algunas pruebas sobre las impurezas que tiene el aire como desechos, nieve o agua, sin embargo; se queda en evaluación, pues al ser un componente extra la rejilla, conlleva a hacer más costoso el ducto.

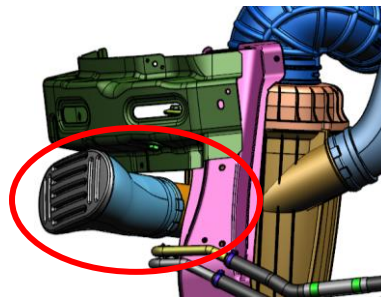


Imagen 38 Propuesta #1.1, NX Siemens PLM Software

Para una segunda propuesta, tracé una ruta diferente, esta vez en lugar de direccionar la toma de aire al frente del vehículo, tracé la ruta hacia atrás a un costado, lugar donde hay una tolva con rejillas que dan directamente hacia al ambiente (Imagen 39).

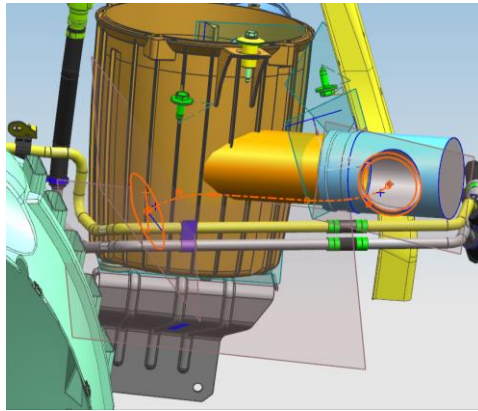


Imagen 39 Propuesta #2, NX Siemens PLM Software

A partir de la premisa de que en esa zona se podría tomar aire más fresco, la ruta más conveniente siguiendo los parámetros de diseño estipulados en los estándares de la compañía, fue seguir una curva con un ángulo agudo entre la entrada a la caja y la toma de aire, así por dicha geometría, también se produciría una reducción en la velocidad del flujo de aire protegiendo el filtro. Teniendo como resultado el ducto que se observa en la Imagen 40.

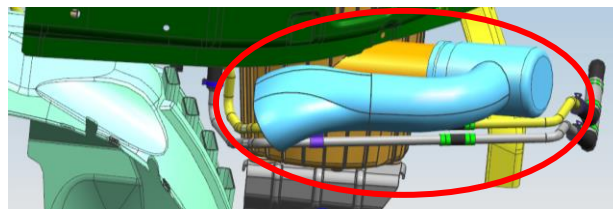


Imagen 40 Ducto de la propuesta #2, NX Siemens PLM Software

Como última propuesta tomé en cuenta la misma zona que en la propuesta anterior, sin embargo, por la caprichosa geometría que tenía ese ducto decidí reducir el ángulo de la conexión con la caja de aire. Para lograr ese objetivo, este rediseño incluía también modificar la caja de aire con respecto a la segunda toma, moviéndola hacia atrás de forma que quedara perpendicular (Imagen 41) con el costado del vehículo y a partir de ese punto construir la ruta para el conducto de aire sucio.

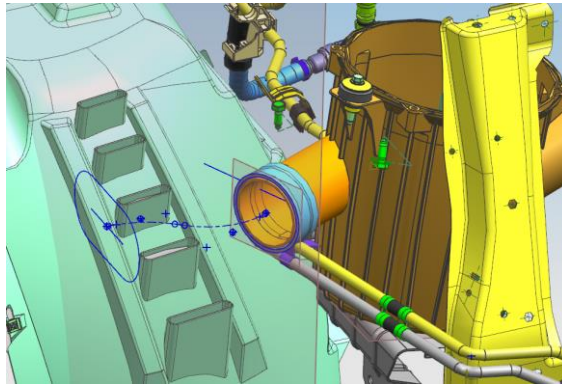


Imagen 41 Propuesta #3, NX Siemens PLM Software

De esta manera el conducto sigue permaneciendo cerca de la tolva con las ventilas para obtener el aire fresco y a pesar de que la curva cerrada que se tenía en la propuesta anterior, no se logró en esta propuesta, la cercanía con la facia del vehículo (Imagen 42) funge como el método para reducir la velocidad con la que entra el fluido al filtro evitando dañarlo.

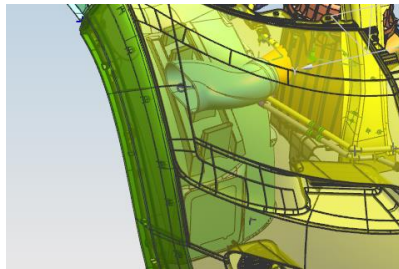


Imagen 42 Distancia del nuevo ducto con la facia, NX Siemens PLM Software

Una vez terminadas las propuestas, se optó por darle seguimiento a la propuesta número tres ya que involucraba a primera instancia una menor complejidad en cuanto a la manufactura de la pieza y la ruta trazada tampoco es muy compleja.

Mi participación en el proyecto terminó hasta el punto de la elección de la propuesta y definiendo un plan de acción del siguiente paso, que sería realizar el prototipo de la propuesta, adaptarlo al sistema de inducción de aire y realizar pruebas una vez más con los termopares colocados en las posiciones anteriores para averiguar si en comparación con los resultados térmicos de la prueba anterior baja la temperatura a la entrada del motor.

Comentarios finales

En mi estancia en la empresa se presentaron situaciones que demandaban conocimientos que, de hecho, aprendí durante la carrera. De forma particular puedo decir que me apoyé de las materias como CAD CAM y Dibujo mecánico e industrial para comprender la nomenclatura de los planos al igual que para el uso del *software* de diseño utilizado en FCA. Por otro lado, la metodología de diseño vista en Diseño para manufactura y ensamble así como en Diseño del producto me permitieron realizar las propuestas siguiendo un orden tal como se plantea en la metodología de diseño de Ulrich. También, de forma más general: Dinámica vehicular, Ingeniería de manufactura, Ingeniería de materiales y Mecánica de sólidos y fluidos cumplieron con el objetivo de darme los cimientos para formarme de un criterio ingenieril que me permitió realizar los diseños y desempeñar las demás actividades en FCA.

Los logros conseguidos en la compañía fueron realizar rediseños para dar soluciones tanto a las propuestas de *TCR*'s que se presentaban durante las lluvias de ideas, como también a problemas en el funcionamiento o desempeño del automóvil. Logré realizar aproximadamente 200 liberaciones de componentes pertenecientes a los sistemas de escape, inducción de aire, enfriamiento y combustible. Participé en la elaboración de documentos de ingeniería como DVP&R para realizar pruebas virtuales a componentes.

Con respecto a los rediseños, el más importante debido al alcance que se tuvo, fue la modificación de la ruta de la manguera *MUA Hose* junto con el cambio del tipo de conector, ya que fue el proyecto que más avance tuvo de los expuestos en este trabajo. El logro que obtuve de esta propuesta de diseño fue corregir la ruta de la manguera, lo que significó dar solución al problema del congelamiento, tomando en cuenta las distancias permitidas entre la manguera y el motor según el estándar de la compañía. El componente se validó con un análisis de empaquetamiento y posteriormente se envió el plano del componente al proveedor para revisión y proceder a la etapa de fabricación.

Los conocimientos que adquirí gracias a la capacitación que me dio la empresa se lograron conjuntar con lo aprendido en la facultad, pude ampliar mi panorama sobre las actividades a las que se enfrenta un ingeniero día con día y el tipo de problemas que se tienen que resolver y como resultado del conjunto de estos factores, mi formación como profesional de la ingeniería se vio favorablemente afectada.

Referencias

4Abarth. *Moonwell's 2013 Fiat 500 Abarth*. Obtenido de <http://www.4barth.com/>

AliExpress. *Ali Express*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/4-N1-Style-Burn-Tip-Stainless-Steel-Racing-Resonator-Exhaust-Muffler-2-5-Inlet/32759995466.html>

Automotriz, M. *Sistema de escape*. Obtenido de <http://mecanicabachillerato.blogspot.com/p/sistema-de-escape.html>

Club, N. *Invidia N1 Exhaust Install*. Obtenido de <https://nicoclub.com/archives/invidia.html>

K, E. *Ingeniería y arquitectura acústica*. Obtenido de <https://ecoacustika.com/materiales-absorbentes-de-tipo-resonador/>

Ltd, B. P. *Boplas Air Intake Ducts*. Obtenido de <http://www.boplas.co.uk/automotive-products/engine-air-intake-ducts>

Madness, 5. *500 Madness*. Obtenido de <https://shop.500madness.com/magneti-marelli-mid37>

Marketplace, G. B. *Korea Wecosta Co., Ltd*. Obtenido de https://kwecosta.en.ec21.com/Automobile_Noise_Reduction_Duct--8302315_8302454.html

Parts, E. A. *Extreme Auto Parts*. Obtenido de <https://extreme-auto-parts.com>

Sabelotodo. *Sistema de escape del motor del automóvil*. Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/automovil/sisescape.html>

SIEMENS. *SIEMENS Ingenuity for life*. Obtenido de <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/products/nx/>

SONUS. *Air Induction Systems*. Obtenido de <http://sonus-es.com/air-induction.html>

Station, R. *Renegade Station*. Obtenido de <https://www.renegade-station.de/en/Jeep-Wrangler-JK-2-8-ltr-CR-Quiet-Flow----rear-Exhaust-Muffler-Walker-07-17-14894.html>

WikiHow. *Como cambiar un filtro de aire*. Obtenido de <https://es.wikihow.com/cambiar-un-filtro-de-aire>

Youtube. (s.f.). *Replace Air Filter on 2010 Subaru Forester*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=woH-NRxUCXI>

Group, N. F. *History FCA Group*. Obtenido de <https://www.fcagroup.com/en-US/group/history/Pages/default.aspx>

CD .80044 Core AIS. Fiat Chrysler Automobiles.

CS Routing. Fiat Chrysler Automobiles.

DVP&R Air Induction System. Fiat Chrysler Automobiles.

MS.50002 Sheet steel for automotive application. Fiat Chrysler Automobiles.

MS-66 LOW CARBON HOT ROLLED STEEL - SHEET AND STRIP. Fiat Chrysler Automobiles.

MS-JP-9-9 PLASTICS – UNDERHOOD & STRUCTURAL COMPONENTS – DESIGN & DVP&R GUIDELINES. Fiat Chrysler Automobiles.

PF.90028 AIR CLEANER FILTER ELEMENT – PANEL AND CYLINDRICAL TYPES. Fiat Chrysler Automobiles.

PF.90084 AIR INDUCTION SYSTEM - AIR CLEANER AND DUCT ASSEMBLY. Fiat Chrysler Automobiles.