

**DESARROLLO DE PIEZAS Y PROCESOS DE
ENSAMBLE DE MOTOR PARA NUEVOS
MODELOS DE VEHICULO**

**DEVELOPMENT OF AUTO PARTS AND
ENGINE ASSEMBLY PROCESS FOR NEW
MODELS OF VEHICLE**

**DESENVOLVIMENTO DE PEÇAS E
PROCESSOS DE ENSAMBLAGEM
DE MOTOR PARA NOVOS
MODELOS DE VEÍCULO**

Jaime Andrés Mejía

Departamento Proyectos Vida
Serie RENAULT-SOFASA,
jaime-
andres.mejia@renault.com

Claudia Marcela Sánchez

Grupo de Investigación
COLINNOVACION,
csanchez@colinnovacion.com

Hermann Stuart Fuquen

Grupo de Investigación
COLINNOVACION,
hfuquen@colinnovacion.com

José Luis Mendivelso

División Ingeniería Producto
Colombia RENAULT- SOFASA,
jose.mendivelso@renault.com

Daniel Osorio

Innovación RTA -Colombia
RENAULT-SOFASA

Fecha de Recepción: 24 de marzo de 2020
Fecha aprobación: 22 de junio de 2020

Resumen

El presente artículo surge del desarrollo de un proyecto de mejora significativa desde el punto de vista técnico de vehículos comercializados en Colombia, en los cuales se implementó un motor más eficiente en términos de consumo de combustible y con mayor potencia. El documento inicia con una revisión del panorama del sector automotor, así como una breve reseña de la problemática que originó el desarrollo del proyecto. Se incluye estado de la técnica relacionado con los procesos de desarrollo de producto en la industria automotriz y una descripción de los cambios recientes en el diseño asociado a los motores. Finalmente, se hace una descripción de los aspectos más relevantes del desarrollo del proyecto que involucró trabajo de ingeniería en una empresa ensambladora de vehículos y cinco empresas fabricantes de autopartes a nivel local.

Palabras clave— Diseño, Sistemas del Vehículo, Procesos de manufactura, Perímetro de climatización, Líneas de escape, Tubería de combustible, Ensamble de Vehículos.

Abstract

The article comes up from the development of a project portrayed in a significant improvement project from the technical point of view of vehicles sold in Colombia, to which an engine optimization was applied. The document introduces the economic vision of the automotive sector, as well as a brief overview of the problems that originated the development of the project. The state of the art related to product development processes in the automotive industry is presented and a description of recent design changes associated with engines are included. Finally, a description is made of the most relevant aspects of the development of the project that involves

engineering work in an assembled vehicle company and five local auto parts manufacturing companies.

Keywords— Design, Vehicle Systems, Manufacturing Processes, Climate Perimeter, Exhaust Lines, Fuel Line, Vehicle Assembly.

Resumo

O presente artigo surge do desenvolvimento de um projeto de melhora significativa desde o ponto de vista técnico de veículos comercializados na Colômbia, onde se implementou um motor com maior eficiência em termos de consumo de combustível e com maior potência. O documento inicia com o panorama do setor automotivo, assim como uma breve resenha da problemática que motivou o desenvolvimento do projeto. Se inclui o estado da técnica associado com os processos de desenvolvimento de produto da indústria automotiva, junto com uma descrição das mudanças mais recentes no projeto de motores. Finalmente, se descrevem os componentes mais relevantes do desenvolvimento do projeto, que envolveu trabalho de engenharia em uma montadora de veículos e cinco empresas fornecedoras de autopartes a nível local.

Palavras chave— Projeto; Sistemas do Veículo; Processos de manufatura; Perímetro de Climatização; Líneas de escapamento; Tubulação de combustível; ensablagem de veículos.

Introducción

El sector automotor es parte fundamental de la industria manufacturera. Tiene un alto grado de desarrollo en las grandes economías del mundo, por cuanto es una industria que promueve la mejora de proveedores, al desarrollar fuertes

lazos de colaboración en las diferentes etapas de desarrollo de producto, y avances en la tecnología. Por esta causa, incrementa los niveles de competitividad de las empresas en los contextos geográficos donde se encuentran ubicadas las plantas de fabricación o ensamble de vehículos, convirtiéndose un sector estratégico, tanto en países desarrollados, como en economías en desarrollo [1].

La industria automotriz se caracteriza por generar continuamente conocimiento, al interior de cada grupo empresarial, así como realizar procesos de adaptación y uso de conocimiento a lo largo de toda su cadena de valor. Su nivel de inversión en actividades de investigación y desarrollo se encuentra entre el 2 y el 5% de las ventas, por lo cual ha sido clasificada como una industria que desarrolla productos de media-alta complejidad tecnológica [2]. Al igual que el resto del sector manufacturero, esta industria enfrenta retos relacionados con requerimientos de desarrollo sostenible, eficiencia en sus procesos de producción e identificación de las expectativas de los clientes para el desarrollo de sus productos [1].

En este artículo se sintetizan los resultados de un proyecto que partió del análisis realizado a vehículos RENAULT que se encontraban en el mercado, particularmente automóviles versión gama media, con motores K7M potencia de 61kW (5000 rpm) y automóviles full equipo con motores K4M potencia de 75Kw (5750rpm) que en algunas de sus versiones incorporaban una caja automática de 4 velocidades. El análisis permitió establecer que estos vehículos presentaban una configuración desactualizada, con poca eficiencia en consumo de combustible y un nivel de potencia que los ubicaba debajo del promedio en desempeño con respecto a motores de vehículos del mismo segmento. A través del desarrollo del proyecto, se logró actualizar los

motores de los vehículos: cambiando el K7M y el K4M, por una evolución a un motor H4M con potencia de 84kW (6000 rpm con VVT: Variable valve Timing) tanto para la gama media como full equipo. Así mismo, se incorporó en algunas versiones una caja automática Continuos Variable Transmission (CVT), que simula 6 velocidades. Estos cambios, le permitieron a la ensambladora ofrecer automóviles más eficientes en consumo de combustible y con mayor potencia.

Dentro del proceso de identificación de requerimientos, con los usuarios finales de los vehículos, se encontró que para los consumidores, era deseable: mejorar la potencia y el torque del motor, logrando disminuir el consumo de combustible y reducir los niveles de emisiones que, aunque cumplían los estándares locales, podían disminuir tanto para el contexto colombiano como para mercados de exportación.

Para realizar la integración del motor H4M más eficiente en consumo de combustible y con mayor potencia y torque que los motores anteriores, fue necesario desarrollar nuevas piezas, que a nivel local estaban asociadas con los sistemas de escape y de combustible entre otros, sus herramientas y procesos de fabricación, así como la adaptación de procesos en la ensambladora, que permitieran cumplir con las especificaciones y los niveles de calidad exigidos para los vehículos. Este último aspecto fue una de las problemáticas más relevantes que el proyecto solucionó, en el cual se centra este artículo, al tener que definir una integración para el ensamble de vehículos con el motor descrito, obligando a desarrollar nuevas piezas con proveedores y modificar procesos al interior de la ensambladora, para mejorar la eficiencia de la cadena de valor del sector automotor.

En este artículo se hace una breve descripción

de los pasos de desarrollo requeridos en la industria automotriz al realizar cambios en los diferentes sistemas de los vehículos. Adicionalmente, se hará una breve descripción del estado del arte de tecnologías asociadas con motores y finalmente, se hará una descripción general del desarrollo del proyecto en RENAULT-SOFASA para la adaptación de un nuevo motor a una familia específica de vehículos ensamblados en Colombia.

Estado del Arte

Desarrollo de Productos en la Industria Automotriz

El cambio de un modelo de vehículo, motivado por la variación o rediseño de alguno de sus sistemas, contempla etapas como: diseño de sistema, diseño de detalle, pruebas y ajustes [3] las cuales son realizadas como pasos preliminares a la integración al proceso industrial del vehículo que será comercializado. Son procesos iterativos, a través de los cuales se realizan ajustes en los diseños del producto, en el proceso de producción y en herramientas, medios de control y de ensamble; los ajustes realizados en cada uno de esos elementos, se van alimentando en la medida en que se van

realizando pruebas y analizando sus resultados, tanto por los ensayos realizados en las piezas, como para aquellos realizados en los vehículos prototipo [4]

El diseño o rediseño de cada sistema del vehículo impacta la arquitectura general y por lo tanto la disgregación del vehículo en los subsistemas y componentes que están siendo transformados. Las etapas de diseño de detalle, pruebas y refinamiento, se componen de tres flujos de trabajo: diseño, prototipo y producción, cada una de las cuales tiene una serie de actividades como se puede ver en la Fig. 1.

El diseño de ingeniería se realiza en software CAD (diseño asistido por computador), facilitando así el intercambio de información entre diferentes equipos de trabajo (tanto al interior de la empresa fabricante, como con sus proveedores). Una vez se han desarrollado versiones finales, se socializan en etapas, partiendo de la base de requisitos como: tiempos de entrega, herramientas requeridos para su fabricación y medios de control. Una vez se va liberando la información de las piezas, se desarrolla el herramental, sobre el cual se hacen ajustes menores y ensayos [3].

Fig. 1. Actividades de Diseño detallado, prototipado y pruebas



Fuente: adaptado de [3]

Tanto las piezas como los subsistemas tienen cada uno su propio proceso de pruebas y ajustes, hasta el momento de ser aprobados para producción. Antes de tener componentes y sistemas fabricados con herramientas de producción, se realizan ensambles de prototipos de vehículos, que permiten verificar la facilidad de integración de las piezas con el vehículo completo.

De acuerdo con los desarrollos de las piezas y de los prototipos de vehículos, se van realizando las evaluaciones tanto al proceso como al producto final, tal como se describe en la Tabla 1, de manera que, una vez realizados los ensayos y análisis tanto de las piezas y sistemas, como al vehículo en general, al ser validados herramientas, piezas y prototipos, la planta de ensamblaje se aproxima al lanzamiento de producción en serie [3].

Tabla 1. Desarrollo de prototipos en la fabricación de automóviles.

Prototipos de Vehículos		Descripción
Primer grupo	Fabricación Instalación Objetivo	Con piezas manufacturadas sin herramientas. Se instalan en preproducción. Se buscan procesos de ajuste
Segundo Grupo	Fabricación Instalación Objetivo	Con piezas manufacturadas con herramientas. En la planta de ensamblaje del vehículo. Varias tandas Validación de la fabricación
Tercer Grupo	Fabricación Instalación Objetivo	Con piezas manufacturadas con herramientas al 80% de nivel de especificaciones. En la planta de ensamblaje del vehículo. Varias tandas Validación de la fabricación
Cuarto Grupo	Fabricación Instalación Objetivo	Con piezas manufacturadas con herramientas al 100% de nivel de especificaciones. En la planta de ensamblaje del vehículo. Varias tandas En las piezas se realizan pruebas tanto de funcionalidad como de precisión dimensional.

Fuente: Autores. Adaptado de [3]

Vehículo y Sistemas

El diseño y fabricación de un automotor se estructura a partir de la división del vehículo en sistemas funcionales, cuyas variaciones dan lugar a las diferentes versiones del vehículo [5].

Entre los sistemas funcionales convencionales en los que se divide un automóvil, se encuentran el cuerpo, el tren motriz, el chasis, el interior, los cierres, los sistemas térmicos entre otros [5].

Tecnologías asociadas al Motor

Entre las necesidades que enfrenta continuamente este sector, se encuentra la optimización del consumo de combustible y del comportamiento del motor en los vehículos, lo que ha habilitado el desarrollo y adaptación de tecnologías que han permitido una mejora en los niveles de economía de combustible [6]. Adicionalmente, a nivel normativo, se han promulgado en diferentes países regulaciones que buscan controlar el nivel de emisiones de los vehículos, lo que ha ocasionado el desarrollo de innovaciones que se han integrado a los nuevos vehículos con el propósito de cumplirlas [6].

La evolución de los motores a gasolina desde aquellos que incluían carburador, hasta el reemplazo del mismo por el sistema de inyección de cuerpo de mariposa (Throttle body injection systems - TBI) y la inyección tradicional de combustible en puerto (Port fuel injection systems), generaron un gran impacto en el desempeño del motor. En épocas más recientes, motores de inyección de gasolina directa (GDI – Gasoline Direct Injection, por sus siglas en inglés) introducidos al mercado en 2007, reemplazaron en cierta medida anteriores motores de inyección. Aproximadamente en el año 2015, estos motores se instalaron aproximadamente en el 42% de los vehículos vendidos [7].

Posteriormente se redujo el tamaño del motor, para disminuir sus emisiones de CO². La propuesta de largo plazo, es reducir a la mitad el volumen de desplazamiento del motor, aprovechando tecnologías como inyección directa de gasolina y los turbo-cargadores, con el fin de optimizar el desempeño del motor y disminuir su nivel de emisiones [8]. Motores con turbocargadores ya se estaban usando en vehículos de alta gama, pero últimamente se ha incorporado esta tecnología con el desarrollo

de motores Downsized. Adicionalmente, para disminuir el consumo de combustible, se han desarrollado cambios en la caja de velocidades [9]; se requieren adicionalmente, disminución del peso, así como mejor desempeño aerodinámico del vehículo, entre otras modificaciones [8].

Adaptación a nuevos procesos por cambio de piezas y partes en líneas de ensamble

Demandas de mercado que cambian constantemente, generan la necesidad de realizar nuevos diseños en las líneas de vehículos, ocasionando por lo tanto cambio de sistemas del mismo. Las líneas de ensamble que deben incorporar estas piezas y sistemas modificados, deben adaptar nuevos requerimientos de productos y nuevas tecnologías para lograr una exitosa adaptación o evolución con el fin de ensamblar exitosamente el vehículo final. Para ensamblar estos productos se requiere por lo general de desarrollo de nuevos herramientas, cambios en los procesos de fabricación y ensamblaje, nuevos equipos para el manejo de materiales, así como nuevos equipos para el aseguramiento de la calidad, entre otros [10], [11].

Es necesario planear el desarrollo progresivo de los sistemas de manufactura, de manera que estén acordes con las demandas de transformación del producto, atendiendo a las necesidades del proceso, incorporando los cambios de tecnología adecuados, con el fin de cumplir con los requerimientos del cliente [12].

Según Nafisi [13] los requerimientos de ingeniería que las empresas ensambladoras de vehículos suelen realizar a sus proveedores de partes, incluye una primera fase de requerimientos preliminares para obtener un entendimiento de la situación actual y las necesidades de cambio. Una fase de negociación, donde se define el

contexto. Una fase de especificación donde se describen los objetivos funcionales y no funcionales y finalmente una fase de validación con respecto a los objetivos indicados en las especificaciones desarrolladas. Por tanto, de la buena comunicación entre las partes y adecuada competencia al desarrollar las fases anteriormente indicadas, dependerá que a nivel de ensamblaje no se presenten problemas de calidad en el diseño del producto o manufactura [13].

Según dos casos de estudios realizados por Nafisi [13] entre los detalles a tener en cuenta en el desarrollo de piezas en cuanto a sus propiedades físicas se tienen entre otras:

- Peso apropiado del producto / componente.
- Minimización de riesgos de lesiones para los operadores de la línea de ensamble.
- Baja sensibilidad al daño (por ejemplo, si se cae durante el montaje) en el proceso de ensamble.
- Fácil acceso a los puntos / lugares de montaje para el operador de este proceso.
- Confirmación del ensamblaje correcto (por ejemplo, sonido de clic).
- Posibilidad de colgar / colocar la pieza para tener ambas manos libres para el montaje.
- Métodos que imposibiliten que el operador de ensamble elija una pieza incorrecta o ensamble piezas incorrectamente.
- Utilización del sistema de producción actual (tanto como sea posible).
- Secuencia de montaje similar para los productos nuevos y existentes.
- Tiempos de montaje apropiados.
- Limitaciones físicas en la instalación de montaje.
- Manejo de materiales y alimentación de línea.
- Número mínimo de variantes de piezas.
- Posibilidad de utilizar herramientas actuales de manejo de materiales.

- Posibilidad de usar paletas / estantes existentes en la línea de montaje.

Para realizar las verificaciones de los requerimientos anteriormente mencionados se realizan algunas de las siguientes pruebas [13]:

- Pruebas de ensamble: A través de medios digitales de ensamble por computadora se realizan simulaciones de manera obligatoria en fases iniciales, también en fases avanzadas se puede utilizar pruebas físicas utilizando modelos de espuma o elementos elaborados en impresora 3D.
- Valoración de Riesgos: Se utilizan distintas metodologías para identificar riesgos y sugerir medidas que minimicen dichos riesgos.
- Principios de diseño para ensamblaje: Enfocado en reducir el número de partes innecesarias y asegurar el acceso en los procesos de montaje.
- Estándar de ergonomía: Estos son aparatos, elementos o formas de ensamblar que mejoren la ergonomía del trabajador en el proceso de ensamble.
- Sistemas CAD: Con el fin de hacer seguimiento a los diseños y cambios se debe tener un control riguroso de versiones y ajustes a los modelos CAD.

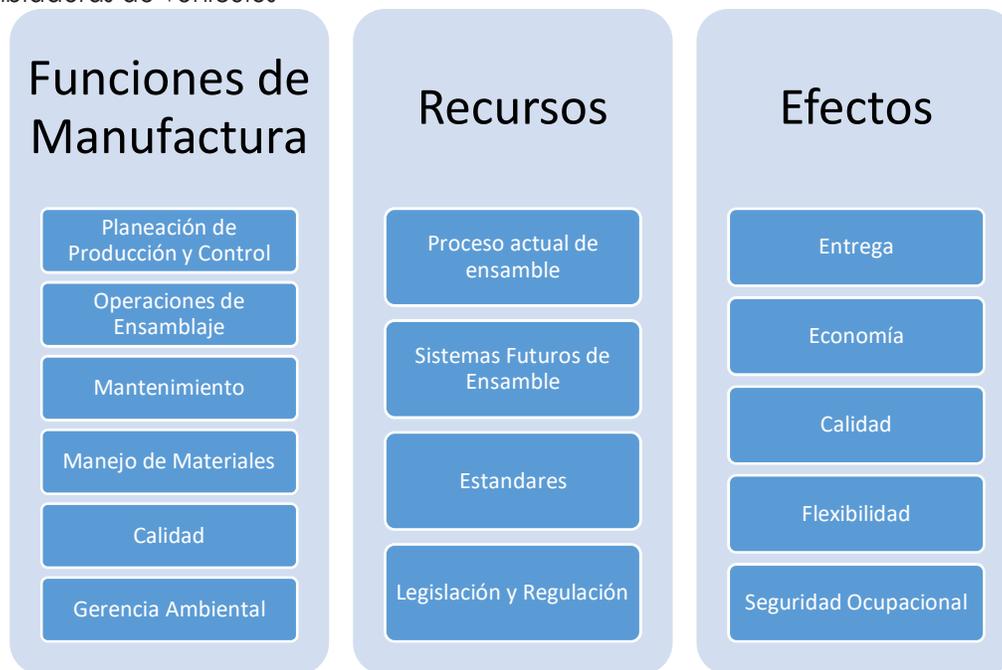
Durante los procesos de desarrollo de nuevos productos basado en los casos estudios por Nafisi [13], se concluyó que los requisitos definidos entre el fabricante y el desarrollo del producto se referían no solo al sistema de ensamblaje específico en sí, sino también a las fuentes que impactan el sistema de ensamblaje, por ejemplo, la legislación y la regulación establecen requisitos estrictos que deben cumplirse. Las limitaciones o condicionantes con respecto al uso de elementos químicos o materiales determinados en el producto son ejemplos de estos requisitos. De hecho, se identificó que requisitos se originaron en otras

partes de la cadena de suministro, cuales tuvieron un impacto en el proceso de fabricación [13].

Por tanto, para los procesos desarrollados entre ensamblador y autopartista, se recomienda definir un modelo de requerimientos de manufactura, que incluya secciones de aspectos asociados con manufactura como son manejo de materiales, mantenimiento y

ensamblaje del operador. También una sección de recursos, que tenga en cuenta el actual proceso de ensamble y el futuro en caso de aplicar, estándares y principios y la regulación vigente, que aplique a los mercados específicos de comercialización del producto final. Una tercera sección debería enfocarse en efectos anticipados como costos, calidad, ergonomía. La Fig. 2 define el modelo con mayor detalle:

Fig. 2. Modelo de requerimientos de Manufactura en desarrollo de nuevos productos para empresas ensambladoras de vehículos



Fuente: Adaptado de [13]

De otra parte, las características del producto final desarrollado por un proveedor deberán cumplir aspectos como estructura del producto, principios de ensamblaje, tiempo de ensamblaje, peso, selección del material, manejo de componentes, tamaño, instrucciones, apariencia entre otras [13].

Materiales y Métodos

En esta sección se presentan los principales materiales y equipos, así como la metodología utilizada en el desarrollo del proyecto de RENAULT-SOFASA, que dio origen al presente artículo.

Alineándose con la estrategia global, RENAULT-SOFASA bajo el pilar que orienta la "preparación

para el futuro”, se realizó el planteamiento de un proyecto en el cual se realizaría la incorporación de un nuevo motor, desarrollado por la alianza RENAULT-NISSAN, seleccionado por ser un motor más eficiente en consumo de combustible y con mayor potencia. Esta implementación, dio origen a un reto técnico asociado con la adaptación de nuevos procesos de manufactura, que generaron conocimiento al interior de la cadena de valor de RENAULT-SOFASA.

La implementación se planeó para una familia de vehículos fabricados en Colombia, que se distribuyen en el mercado local y en el de exportación. Con el nuevo motor se buscaba que los vehículos tuvieran un incremento de potencia, menor consumo de combustible y menor generación de emisiones.

Se generó un método de consulta y posterior diseño y desarrollo, como una apuesta a generar soluciones que suplieran las necesidades de los usuarios finales de los vehículos en la región. Partiendo de un análisis funcional, técnico y de ciclo de vida del producto, la ensambladora pudo identificar los cambios requeridos en el producto: en las áreas de la cabina de motor y en las piezas asociadas al funcionamiento del nuevo motor. Así mismo, se identificaron los procesos que se verían impactados por la realización del cambio en el producto.

Usando la metodología Modo de Falla y Análisis de Efecto (FMEA por sus siglas en inglés) fue posible analizar las situaciones de falla que se pudieran generar tanto en el producto, como en los herramientas, en el proceso de desarrollo y fabricación de piezas y en el ensamble del vehículo. A partir del FMEA, se realizó un proceso de ajuste al análisis técnico funcional.

A. Procesos impactados por la adaptación del motor: en proveedores locales de piezas.

El reto para el área de Ingeniería de la ensambladora incluyó cambios en las definiciones técnicas y de procesos de fabricación en proveedores de piezas.

Fue necesario desarrollar piezas con proveedores locales en: climatización (tuberías de aire acondicionado y tuberías de refrigeración motor), tuberías de combustible, tuberías de escape, entre otros. El proceso de diseño y desarrollo con los proveedores incluyó:

- Desarrollo de los modelos CAD en 3D del vehículo para simulación de montaje de las piezas, que permitiera validar que las piezas y el ensamble cumplieran con especificaciones técnicas.
- Diseño y aceptación de los herramientas requeridos para la fabricación de las piezas, a partir de las definiciones técnicas de cada una.
- Cambios en los procesos de fabricación de los proveedores, con intervenciones como: implementación de tecnologías de doblado de aluminio y grafado de piezas, diseño y modificación de los procesos para diferentes tipos de soldadura, entre otros.
- Fabricación de piezas prototipo, las cuales se usaron para ensamblar en cada etapa de prueba, un grupo diferente de prototipos de vehículo.
- Realización de ensayos internos y externos a piezas fabricadas con herramientas, para validación dimensional, funcional y de ensamble. Algunas de las pruebas a las cuales se sometieron las piezas diseñadas, se sintetizan en la Tabla 2.
- A partir de los resultados de las pruebas, se ajustaron tanto los herramientas, como a los procesos productivos en cada uno de los proveedores.

- Homologación de piezas de acuerdo con las definiciones técnicas establecidas.

Tabla 2. Lista indicativa de pruebas incluidas en el plan de validación

Perímetro	Ejemplo de pruebas requeridas
Línea de Escape	Macrografías Durabilidad Estanqueidad Geometría a través de medios de control.
Tubería de combustible.	Pull-Off Del Motor Durabilidad
Climatización	Envejecimiento, Durabilidad Estanqueidad.

Fuente: Autores.

Como se mencionó previamente, la fabricación de piezas fue integrándose con los procesos de cambio en la ensambladora, los cuales se describirán brevemente a continuación.

B. Procesos impactados por la adaptación del motor: en la ensambladora

Desde el punto de vista de ingeniería en la ensambladora, los cambios centrados en los procesos de integración del nuevo motor, demandaron cambios en la línea de producción, en los procesos de soldadura y ensamble de partes, con la necesidad adicional de disminuir los costos de operación del nuevo proceso.

Fue necesario realizar un nuevo diseño del layout del área de motores, que involucró adicionalmente un proceso de automatización, que facilitaría el ensamble al motor de todas las partes y piezas requeridas para su funcionamiento dentro del vehículo.

La adecuada integración del motor, demandó que todos los componentes tuviesen las adaptaciones apropiadas, generando adicionalmente la necesidad de adecuar la planta para la integración de las nuevas piezas que hacen parte los diferentes perímetros del motor.

Fue necesario diseñar e implementar nuevos herramientas y medios de control, para los puestos de trabajo asociados con las nuevas piezas a ser implementadas. Tanto los herramientas como los medios de control en su proceso de desarrollo iterativo fueron probados y puestos a punto antes del inicio de la fabricación de los prototipos no comercializables en la línea.

Resultados y Discusión

Una breve descripción de los resultados que se obtuvieron a raíz del desarrollo de proceso de cambio de motor y su impacto en el desarrollo del producto, se presenta en dos partes: los asociados al desarrollo de piezas locales y el desarrollo en la ensambladora.

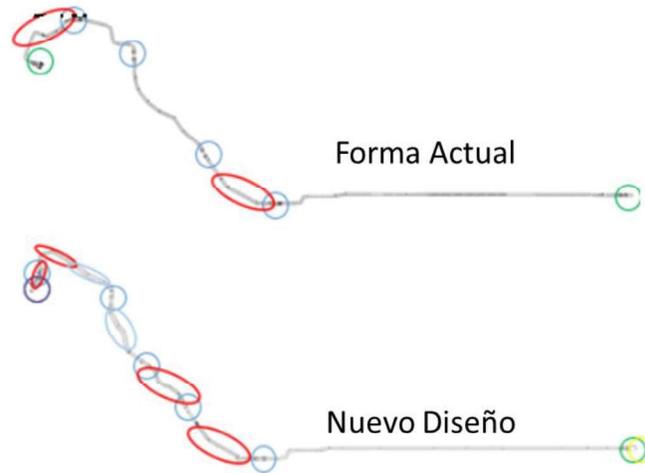
Resultados asociados al desarrollo de piezas locales.

Se realizó con éxito el diseño e implementación de las piezas previstas para la implementación del nuevo motor:

- Circuito Carburante, se desarrollaron 8 referencias de tubería (ver Fig. 3) con nueva definición técnica, nueva geometría y cambios en sus procesos, debido al requerimiento de nuevos puntos de soldadura. Para la fabricación de estas piezas fue necesario realizar adaptaciones o desarrollar nuevos herramientas, matrices y medios de control, que permitieran manufactura de las

piezas de acuerdo con las nuevas definiciones técnicas.

Fig. 3. Esquema de diseño de Tubería de combustible

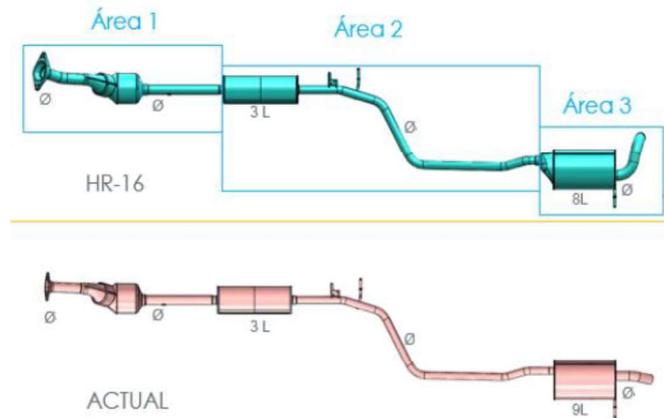


Fuente: RENAULT – SOFASA Y PROVEEDOR LOCAL

- Líneas de escape: estas líneas se implementaron a partir de nuevas definiciones técnicas, que incluyeron nuevo diseño tanto de tuberías como de silenciador. Las nuevas especificaciones buscaban un mejor tratamiento de gases de combustión, disminuyendo la emisión de CO₂ (Ver

esquema de cambio Fig. 4). Para la fabricación de las nuevas piezas fue necesario diseñar, fabricar y ajustar herramientas de corte, doblado, estampado, así como cambiar el proceso de soldadura para el nuevo silenciador. Adicionalmente, se diseñaron y fabricaron nuevos medios de ensamble y nuevos medios de control.

Fig. 4. Esquema de diseño de Líneas de escape



Fuente: RENAULT – SOFASA Y PROVEEDOR LOCAL

- Climatización (tubería de aire acondicionado y refrigeración): A partir de nuevas definiciones técnicas, se desarrollaron 2 referencias de tuberías, una nueva tubería de entrada y salida del compresor, para lo cual fue necesario modificar: procesos de fabricación como doblado de aluminio, soldadura y conformado. Adicionalmente, cambiaron los herramientas y medios de control. Debido a los cambios implementados, en el caso de

estas las piezas de este sistema, fue necesario adicionalmente realizar un nuevo plan de validación a través de pruebas de performance de tuberías, que incluyeron pruebas de vibraciones, corrosión y estanqueidad. Un ejemplo de un diseño para el sistema de climatización de los nuevos vehículos, se puede ver en la Fig. 5

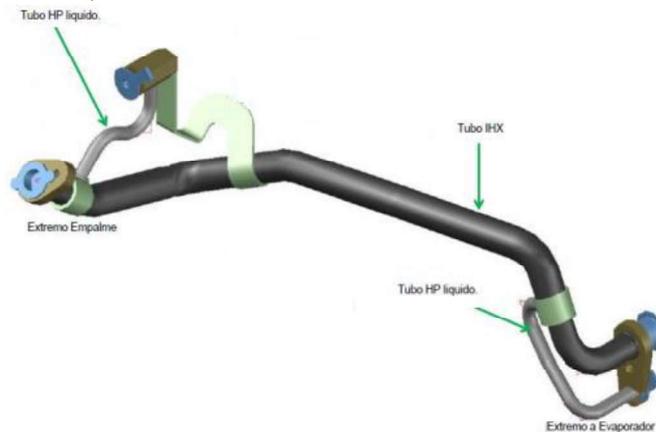


Fig. 5. Esquema de diseño piezas de Líneas de Climatización
Fuente: RENAULT – SOFASA Y PROVEEDOR LOCAL

Las piezas locales se ajustaron con los requerimientos de desarrollo y fueron validadas, cumpliendo con los requerimientos geométricos, funcionales y los asociados al proceso de ensamble del vehículo.

Las piezas diseñadas, que hacen parte de los diferentes sistemas, fueron sometidas en cada caso a un plan de validación, con pruebas como las mencionadas en la Tabla 2. Una vez obtuvieron la aprobación del plan de validación, así como la validación dentro del proceso de ensamble del vehículo, se pudo establecer en cada caso el cumplimiento de la definición técnica.

Debido a los requerimientos de mercado para exportación, fue necesario desarrollar adicionalmente un nuevo ramal de cableado

para realizar la adaptación de elementos del sistema eléctrico específicos para cada país de destino.

A través de su participación, los proveedores de autopartes desarrollaron capacidades de diseño que les permitieron cumplir con la fabricación de piezas, logrando que se alcanzaran condiciones de calidad y medio ambientales para realizar ajustes de motor de acuerdo con los estándares requeridos.

Resultados de la implementación en la ensambladora

El proceso de automatización e implementación del nuevo diseño de Lay-out en el área de motores de la ensambladora, generó una disminución de costos e incremento en la

productividad, impactando adicionalmente, el proceso de ensamble de otros motores en la misma línea.

Para la planta de ensamble se elaboraron herramientas entre las que se puede mencionar un nuevo soporte de motor (lugguette), que facilitó el montaje de línea del primer prototipo del mismo. Este dispositivo fue ajustado posteriormente, para utilización dentro del proceso de producción.

Los cambios en los sistemas del vehículo generaron la necesidad de fabricar prototipos fuera de línea, es decir fabricados en el taller, que permitieran analizar las condiciones de ensamble que requería el automóvil a raíz de la incorporación de las nuevas piezas.

Una vez alimentados los procesos de fabricación tanto de la ensambladora como de los proveedores, con los aspectos identificados en las diversas pruebas, se recibieron piezas fabricadas con herramientas casi definitivas, para desarrollar nuevos prototipos, los cuales se fabricaron en la línea bajo condiciones reales. Se validaron en este caso los montajes, analizando defectos visibles al cliente que afectarían tanto la movilidad, como la estética del vehículo.

Se elaboraron prototipos definitivos, comercializables, en los cuales se realizaron pruebas de validación, evaluando comportamiento en condiciones de altura, clima, pluviometría, calidad de combustible, frenos, entre otras. Las pruebas de validación buscaban establecer la conformidad de los vehículos y de los procesos productivos, para finalmente realizar pruebas de ruta al primer lote de prueba de vehículos dentro y fuera de los terrenos de la planta de ensamble, en diferentes zonas del país.

La modificación del proceso de ensamble de motor y sus componentes demandó establecer las fichas de operación y formación de la línea de ensamble, así como validar todos los procesos de ensamble con prototipos no comercializables, con un proceso similar al descrito en la Tabla 1.

Adicionalmente, fue necesario diseñar un proceso de formación para el desarrollo de sus funciones de todas las personas de la línea de ensamble, que les permitiera apropiarse de los nuevos procesos asociados con el motor implementado.

En la Tabla 3 se describen algunos impactos en la planta de ensamble y en el producto final, generados a partir del desarrollo del proyecto.

Tabla 3 Impacto generado por el desarrollo del proyecto

Impactos	Antes del Proyecto	Al finalizar el Proyecto
Desperdicios: Movimientos de material, desplazamientos de personas	35% para el año 2017	28%
Puestos con oportunidades de mejora en la ensambladora	Dificultades de calidad Dificultades de ergonomía Dificultades con seguridad industrial	Eliminados en el área, debido al cambio del proceso de ensamble de los motores.
Reducción de consumo de combustible en el vehículo		Esperados entre el 4% y el 12%
Incremento en la potencia del vehículo		

		Entre el 10 y el 35% dependiendo del modelo de vehículo.
Incremento en el torque del vehículo		Entre el 3 y el 13% dependiendo del modelo de vehículo, generando un mejor arranque

Fuente: Autores

Conclusiones

La cantidad de variables que tiene un automóvil, convierte en un proceso complejo la mejora desde el punto de vista técnico de productos existentes, a partir de cualquier modificación prevista para sus sistemas.

El desarrollo del proyecto permitió definir soluciones de integración para el ensamble de vehículos con un nuevo motor, generando la necesidad de desarrollar nuevas piezas con proveedores y modificar procesos de fabricación tanto en los proveedores de partes como en la ensambladora, que les permitiera en conjunto mejorar la eficiencia de la cadena de valor.

La realización de esta iniciativa permitió que las empresas participantes adquieran nuevas capacidades para el desarrollo de nuevos productos, o mejora de los mismos, mientras mejoraban su productividad.

La renovación de la gama de motores de gasolina volviéndolos más eficientes, más potentes y amigables con el medio ambiente, mediante la reducción de emisiones de gases contaminantes (CO gr/km, THC g/km, NOx g/km) y disminuyendo el consumo de gasolina, permite el cumplimiento de la estrategia de la empresa ensambladora y de las regulaciones medioambientales de los países donde se comercializan los vehículos.

El proyecto, se desarrolló con éxito para el ensamble de vehículos con una mejora

significativa, comparando sus características técnicas con los vehículos fabricados previamente. Se llevó al mercado un vehículo con mejor consumo de combustible, mayor potencia y reducción de emisiones, para las versiones en las cuales se implementó la nueva tecnología, generando un mejor desempeño del vehículo.

Con el desarrollo de producto final, se logró fortalecer la cadena de abastecimiento a partir del desarrollo de piezas complejas de proveedores colombianos. Las nuevas piezas se integraron al producto final a partir del uso de metodologías robustas de requerimientos de ingeniería, permitiéndoles a los proveedores y al ensamblador garantizar la calidad del vehículo y el cumplimiento de regulaciones no solo en Colombia sino en varios países donde serán exportados los vehículos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación el reconocimiento del proyecto que dio origen a este artículo, como proyecto de carácter de Innovación y su respectivo apoyo a través de la convocatoria de Beneficios Tributarios. La contribución de MINCIENCIAS a través de este tipo de instrumentos de política pública y el reconocimiento a estos proyectos, contribuyen significativamente con el desarrollo de una cadena que a diario se encuentra en competencia global y por lo tanto, demanda continuamente del fortalecimiento de su

conocimiento, destrezas y habilidades.

Referencias

- [1] Sánchez, C. M., & Pacheco, H. F. "Investigación, Desarrollo e Innovación En El Sector Automotor". *Desarrollo Tecnológico e Innovación Empresarial*, 2(7), pp 7-14, Diciembre 2018
- [2] European Commission - Joint Research Centre. "The 2019 EU Industrial R&D Investment Scoreboard". Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/04570, 2019.
- [3] P. T. Glomski. "Achieving World-Class Perceived Vehicle Quality Through Improved Engineering And Manufacturing Tools". Master of Science in Mechanical Engineering. Massachusetts (USA): Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- [4] K. T. Ulrich, & S. D. Eppinger, "Product Design and Development" Quinta ed. México (México): McGrawHill, 2013.
- [5] N. P. Lutsey. "Review of technical literature and trends related to automobile mass-reduction technology". Davis (USA): UC Davis: Institute of Transportation Studies. 2010. Obtenido de <https://escholarship.org/uc/item/9t04t94w>
- [6] R. S. Simmons. "A benefit-cost assessment of new vehicle technologies and fuel economy in the US market". *Applied Energy*, vol 157, pp 940-952, Noviembre 2015.
- [7] EPA - Environmental Protection Agency. "Light-Duty Automotive Technology, Carbon Dioxide Emissions, and Fuel Economy Trends: 1975 Through 2016". Estados Unidos: EPA, 2016.
- [8] P. D. Leduc. "Downsizing of gasoline engine: an efficient way to reduce CO² emissions". *Oil & gas science and technology*, vol 58(1), pp 115-127, 2003
- [9] Dalla Nora, M. "High load performance and combustion analysis of a four-valve direct injection gasoline engine running in the two-stroke cycle". *Applied Energy*, vol 159, pp 117-131, 2015.
- [10] H. A. ElMaraghy, "Co-evolution of products and manufacturing capabilities and application in auto-parts assembly". *Flexible services and manufacturing journal*, vol 24(2), pp 142-170, 2012.
- [11] ElMaraghy, H. (2007). Reconfigurable process plans for responsive manufacturing systems. *Digital enterprise technology: perspectives and future challenges*, 35-44.
- [12] H. E. Wiendahl, "Changeable manufacturing: classification, design, operation". *CIRP Annals*, vol 56(2), pp 783-809, 2007
- [13] M. W. Nafisi, "Manufacturing Engineering Requirements in the Early Stages of New Product Development—A Case Study in Two Assembly Plants. En R. D. Mangey", *Advanced Applications in Manufacturing Engineering Eskilstuna, Sweden: Woodhead Publishing*, pp 141-167, 2019.