



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

TESINA:

Análisis y solución de falla:

**Desenrase en eje Y entre salpicadera y fascia lado derecho
Frontend Beetle**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA MECTRÓNICA**

PRESENTA:

Fatima Paulina Rodríguez López

ASESOR:

Mtro. Manuel Aparicio Razo

Mayo 2017

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios, mi Padre bondadoso que me ha concedido los dones inmerecidos para llegar a cosechar este logro. A mi papá +Roger, por enseñarme a dar siempre lo mejor de mí y no darme por vencida ante las dificultades. Mi mamá por estar siempre a mi lado y apoyarme en cada paso. Mi hermano por sus palabras de aliento en cada momento. A mi abue y mi tía por su apoyo y amor incondicional, al resto de mi familia por todo su apoyo y cariño.

A mi empresa VWM por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, a Michael, Luis y Vico por su apoyo y confianza al permitirme ser parte de su equipo, al Jefe Gabriel por su exigencia, apoyo y reconocimiento en cada acción realizada para buscar siempre la meta común: hacer de nuestros autos siempre los mejores.

Al team de RK que formo parte de este análisis y que sin su apoyo no habría sido posible alcanzar el resultado.

Y, por último, pero no menos importante a mi asesor Mtro. Manuel Aparicio Razo, por su confianza, apoyo y entusiasmo en cada paso de mi formación académica y profesional.

Dedicatoria

A mi papá +Roger, que me acompaña desde el cielo en cada paso que doy.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN	5
ESTADO DEL ARTE	6

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....9

1.1 OBJETIVOS.....	9
1.2 JUSTIFICACIÓN	9
1.3 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS.....	10
1.4 MARCO TEORÍCO.....	11

CAPÍTULO 2 GARANTIZAR ELIMINACIÓN DE LA FALLA.....26

2.1 PROCESO DE ENSAMBLE.....	27
2.2 REVISIÓN DE PROCESO E IDENTIFICACIÓN DE LA FALLA	31
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	31
2.4 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDA DE CONTENCIÓN.....	31
2.5 ANÁLISIS 5 M´S.....	31
2.6 CAUSA RAÍZ.....	37

CAPÍTULO 3 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL38

3.1 HOJALATERÍA	39
3.2 MONTAJE	40
3.3 CALIDAD PARTES DE COMPRA.....	40

CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES E IMPACTO EN RESULTADOS42

BIBLIOGRAFÍA.....47

Resumen

Esta tesina tiene el objetivo de mostrar el proceso que se realiza para el análisis y solución de problemas que se presentan en la producción de automóviles, en específico para el modelo Beetle en el módulo que conforma la parte delantera.

No siendo el método de 5 M's el único que existe para este objetivo, pero elegido debido a que el tiempo que requiere para su ejecución es menor comparado con otros métodos.

El control de los puntos que se determinaron como clave, da una mayor seguridad de que el proceso será estable, y permitirá un resultado óptimo en cuanto a la calidad de nuestro modelo.

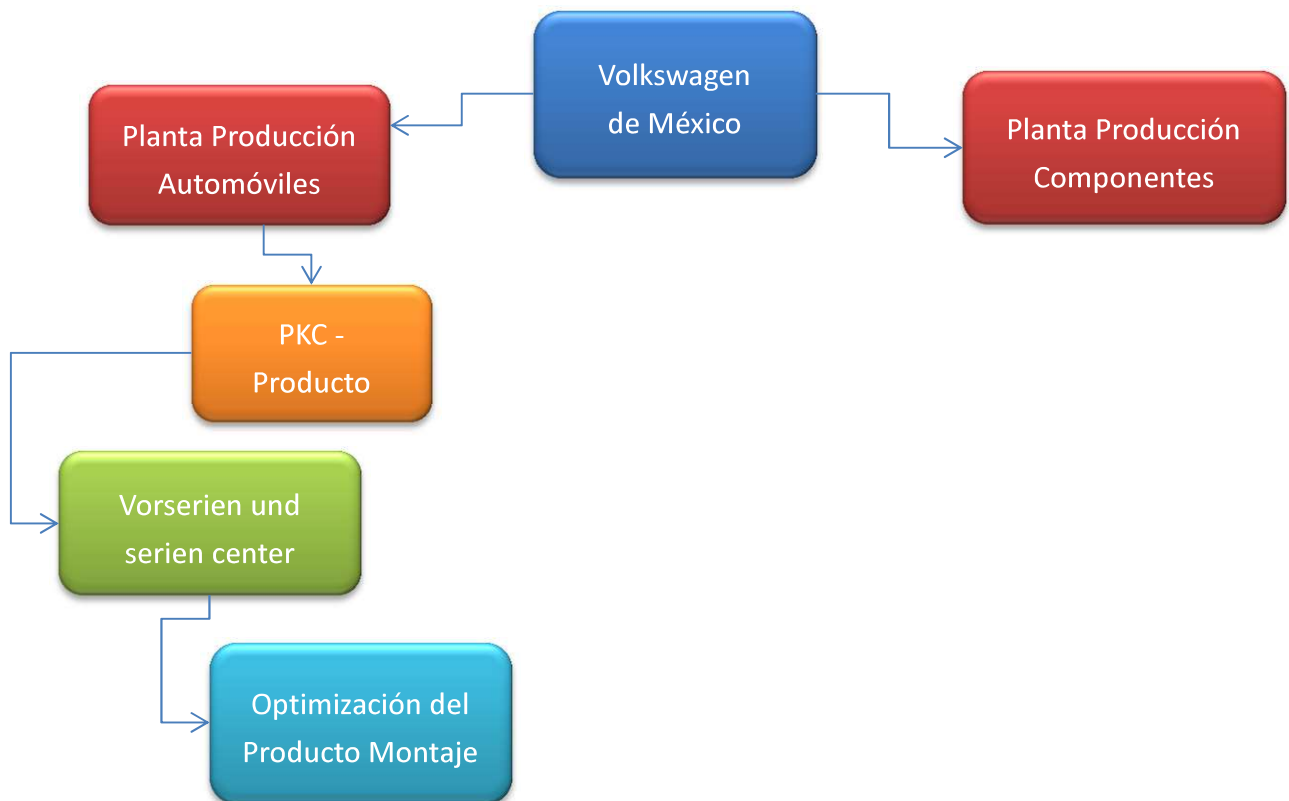
La complejidad de la geometría del modelo al ser en su mayoría circular hace que los análisis tengan un mayor grado de dificultad y requieran de mayor precisión para no afectar otras zonas de auto.

Destacar que el especialista cuenta con un tiempo máximo de 2 horas para la implementación de una medida de contención efectiva, y no más de 48 horas para determinar la causa raíz del problema.

Estado del arte

Volkswagen de México tiene como misión entusiasmar a sus clientes en todo el mundo con automóviles innovadores, confiables y con estándares de calidad muy elevados, así como servicios de excelencia, para obtener resultados sobresalientes [1]. Para lograr el cumplimiento de la calidad de los productos (automóviles) se requiere un área de optimización del producto el cual se muestra a continuación

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL



PKC PRODUCTO

Es un departamento integrado por profesionales altamente calificados y comprometidos con la mejora continua, dedicados a evitar desperdicios y fallas en los productos y procesos productivos de la fabricación de automóviles. Así como en la búsqueda permanente del perfeccionamiento, la creatividad, la innovación y la flexibilidad para brindar a los clientes, internos y externos, soluciones integrales, efectivas y permanentes que rebasen la satisfacción de sus necesidades.

Este departamento proporciona el servicio especializado a través de sus centros de competencia en el diseño, construcción, mantenimiento de dispositivos y herramientas, en la instalación de equipos, en el maquinado de precisión, en el desarrollo de sistemas especiales para el monitoreo e información de la producción, desarrollo de secuencias de prueba y liberación de funciones electrónicas del automóvil, en la preparación del inicio de producción a través de la construcción de autos prototipo, PVS y 0-S, y especiales, así como, en la optimización del producto y procesos de construcción de carrocerías, montaje y electrónica de la fabricación de automóviles.

Se apegan y respetan las políticas vigentes en la empresa. Promueven y fomentan la transferencia del conocimiento, así como el aprendizaje y aplicación de nuevos conceptos, para fortalecer el capital intelectual de la empresa. Su misión más alta es ser parte integral de un equipo de alto rendimiento que asegure la permanencia exitosa de la empresa. [2]

Optimización del Producto Montaje

El departamento de Optimización del Producto Montaje fue creado debido a la necesidad de tener un equipo de especialistas que dieran servicio a la producción, en el aspecto de atender a las reclamaciones de calidad del producto, enfocados al análisis y solución de problemas.

Su función principal, es tomar las reclamaciones hechas por PC7, PC8, Auditoria, Fallas de Campo y realizar un análisis, para detectar la causa y eliminarla. Así

mismo, el departamento da seguimiento y control a las actividades establecidas de dicho análisis, para asegurar su eficiencia y evitar su reincidencia. Así como de garantizar la detección y solución de problemas de producto técnicos y de proceso de manera anticipada a la producción en serie.

Asegurar el análisis, desarrollo e implementación de métodos, sistemas y estrategias para la optimización de los procesos a nivel montaje para cumplir con la calidad, volumen, costos y la satisfacción de los clientes con la introducción de cambios técnicos. Garantizar la calidad de los autos de serie, mediante la aplicación de sistemas como Key Position (monitoreo de puntos clave del auto durante el proceso productivo), CRC's (Círculos regulatorios de Calidad), Quick Check (Auditorías rápidas) y Auditorias de calidad de auto terminado. Coordinar el análisis en conjunto con las áreas de Calidad, Centro de Pruebas y Producción de los resultados de las pruebas de ensamble de los materiales, con el fin de definir las bases de liberación para las diferentes fases de los proyectos. Procesos de mejora al producto y/o Solución a problemas técnicos complejos.

Representar a la producción y al VSSC en los gremios de escalación de problemas de campo, lanzamiento y/o duración, así como en los gremios de planeación serie e ingeniería industrial para la reducción/eliminación y aprobación de re trabajos en los procesos productivos. [2]

Una de las herramientas principales que como analistas empleamos es el AMFE o análisis modal de fallas y efectos es un método dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de falla, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales se calculará el número de prioridad de riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que presenten dichos modos de falla. [3]

Capítulo 1

Introducción

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 *Objetivo General*

Determinar una medida de contención efectiva, la causa raíz del problema, así como las piezas responsables de provocar la falla.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- a) Garantizar la eliminación de la falla.
- b) Implementar medidas de control para las piezas y procesos involucrados.
- c) Impactar resultado de calidad

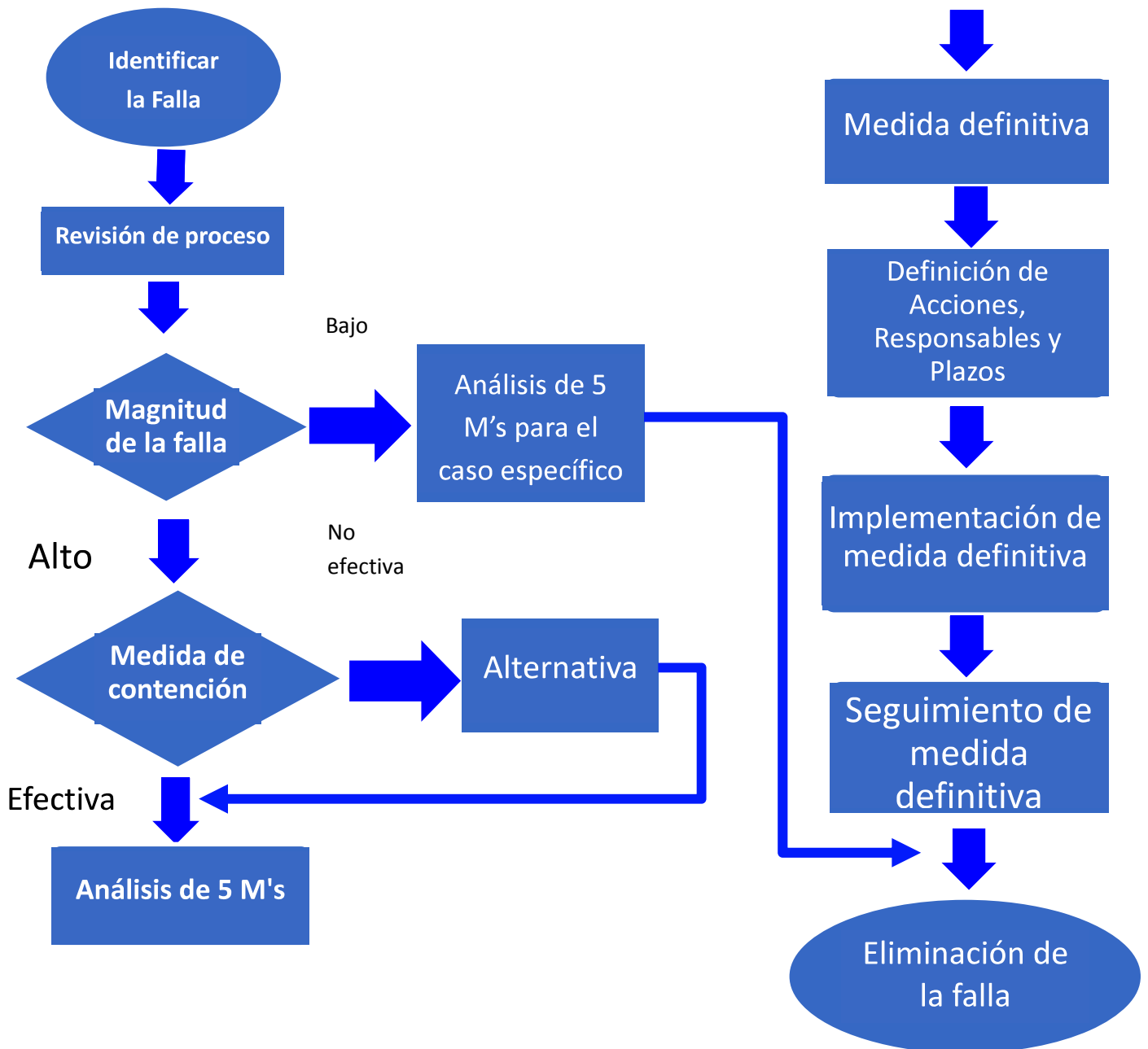
1.2 JUSTIFICACIÓN

Para lograr alcanzar los estándares de calidad de la marca existen especificaciones técnicas que brindan los parámetros de evaluación para cada uno de nuestros modelos. De acuerdo a las especificaciones técnicas del modelo Beetle, el engrase

entre salpicadera y fascia en eje Y debe ser igual a cero, la situación actual del proceso presenta un escalón de 1.5mm a 2mm la salpicadera hacia afuera del auto, ya que la falla se presenta en el 100% de los autos es necesario realizar el análisis.

1.3 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

1.3.1 Diagrama de metodología análisis y solución de problemas



1.4 MARCO TEORÍCO

La falla de un equipo puede traer graves consecuencias económicas, y en ocasiones la pérdida de vidas humanas, de allí que su análisis sea un complejo “sistema forense” que revela las causas del problema, ofrece bases para aplicar soluciones y puede generar incluso, nuevas alternativas para lograr producciones o componentes más eficientes.

Tal y como sucede en la escena de un crimen, el análisis de falla de un equipo o elemento está diseñado para que, a través de él, se pueda examinar cuidadosamente la pieza o sección que falló, su diseño, su fabricación y su historia de operación y encontrar las razones del cómo y por qué falló. En este sentido, las razones para adelantar este proceso pueden ser muchas: prevenir futuros eventos de falla, garantizar seguridad, funcionamiento y uso eficiente de los componentes o máquinas a lo largo de su vida, descubrir defectos en el procesamiento de un material o componente, incluso desde su diseño y en la fase de fabricación, o corregir y prevenir futuros episodios que se convierten en pérdidas económicas invaluable.

La importancia del análisis de falla radica entonces en que funciona como una herramienta para disminuir los costos de mantenimiento, incrementar la disponibilidad del sistema o equipo, reducir los casos de lucro cesante, apoyar el cumplimiento de las metas de producción, aminorar las probabilidades de pérdidas tanto financieras como humanas y, en algunos casos, hasta impulsar el desarrollo de avances técnicos o tecnológicos importantes para distintos segmentos de la industria.

Dado su amplio campo de acción, puede realizarse sobre grandes estructuras o piezas mecánicas inoperables (un puente que cae o un eje que se rompe), sobre componentes que operan, pero no cumplen la función para la cual fueron creados (rodamiento con picaduras) y en piezas cuyo alto grado de deterioro hacen inseguro su uso (una caldera de 150pci con una fisura que, al explotar, puede tener mayor efecto devastador que el de un carro bomba).

Específicamente, en el campo de las máquinas, y aunque a la gran mayoría se le estima una vida útil que puede ir desde un mes hasta 20 años, su fallo anticipado es una razón suficiente para considerar un análisis forense que se realiza siguiendo unos pasos escalonados hacia la causa real del problema, permitiendo fijar correctivos para evitar nuevos casos problema y que tiene tres objetivos primarios según la práctica que se adelante.

Así, para determinar el *mecanismo de la falla*, se examina la evidencia objetiva que presenta el componente con falla y que puede tener como causas: fatiga, corrosión, oxidación, entre otros; para *determinar la causa o la raíz de la falla*, se aplican exámenes especiales al diseño y a los aspectos operacionales y, para *generar acciones correctivas*, se reúnen y avalúan todas las pruebas compiladas.

1.4.1 ¿Por qué se presentan las fallas?

Las fallas que puede presentar un equipo, componente o pieza y sus causas, están generalmente ligadas a varios aspectos, entre ellos:

- *Diseño Inadecuado*: Un caso típico se presentó en los años 50 con los jets comerciales, cuyo diseño incluyó ventanas rectangulares que generaron una concentración de esfuerzos y con la fricción del viento, sufrieron la aparición de pequeñas grietas que luego alcanzaron un tamaño crítico y produjeron la explosión de las naves en pleno vuelo.

Se entiende entonces que el diseño es parte importante a la hora de evaluar la aparición de una falla, por lo que es necesario tener en cuenta las condiciones a las cuales ha estado expuesta la pieza durante su funcionamiento tales como el medio ambiente, tipo y magnitud de la carga, temperatura de operación y vida útil, entre otras.

- *Material Inadecuado y/o defectuoso*, afectado por segregación, contenido excesivo de inclusiones, porosidades y cavidades de contracciones. Un ejemplo claro fueron las fallas en las uniones de las alas al fuselaje, de los aviones de combate F-111 de la Fuerza Aérea Americana; el material era

extremadamente frágil para la unión lo que desencadenó numerosas catástrofes aéreas en los años 70. Frente a las deficiencias de material cabe anotar que se pueden distinguir tres categorías: la selección de un material inadecuado, la sustitución deliberada o accidental de un material y la presencia de un material defectuoso.

- *Nuevo material no probado*: se refiere a materiales, sobre todo compuestos, de los cuales no se tiene el suficiente historial de su comportamiento y se utilizan en aplicaciones críticas. Por ejemplo, cuando en un avión se usa un material especial sin saber cómo reaccionará frente a un caso específico de presurización.
- *Negligencia*: Ocurre por lo general, cuando no se respetan las condiciones de operación de un equipo o pieza y se sobre-utilizan, cuando no se cumple con los mantenimientos adecuados o desactivan los sistemas de seguridad.
- *Tratamiento térmico (TT) defectuoso*: “Los TT deficientes pueden generar micro grietas en los componentes después del tratamiento o al poco tiempo de servicio” [4] El caso de las alas de fuselaje de los aviones F-111, antes mencionado, es un buen ejemplo ya que en la investigación de la falla se concluyó que el proceso de TT del acero de alta resistencia D6 AC produjo una microestructura heterogénea en la pieza de la unión.
- *Manufactura defectuosa*: en las piezas pueden presentarse surcos de mecanizado, sobre todo en zonas de esfuerzo que conllevan a la ruptura de los componentes y acortan su vida útil.
- *Montaje defectuoso*: este caso puede provenir tanto de errores del ensamble original de una máquina, después de los procesos de mantenimiento de la misma, y/o en el ensamble después de realizado el mantenimiento. Se da un des alineamiento de las partes móviles y montajes ambiguos o incompletos.
- *Mecanismos de falla*: al igual que las fuentes de las fallas, éstos son factores inherentes al material que influyen en la aparición de anomalías y son elemento clave para futuras correcciones.

- *La fatiga*: en este caso, el material es sometido a esfuerzos alternados, con la presencia de fallas progresivas como grietas que se incrementan al paso del tiempo y el uso. En el caso de la fatiga por esfuerzo cíclico de contacto y que tiene por causas el des alineamiento de las superficies y una fuerza excesiva de empuje y contacto, se da rotura o desprendimiento de partículas de la superficie provocando depresiones superficiales.
- *El desgaste*: referido al daño superficial que se manifiesta con la pérdida progresiva de material ocasionada por el contacto mecánico. En el intervienen factores como la intensidad de la carga, compatibilidad, dureza del material, lubricación, tiempo de operación y puede ser abrasivo, con la pérdida progresiva de material superficial y adhesivo con deformación superficial.
- *La corrosión*: deterioro de un material metálico a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. El ambiente, el oxígeno, las ferrobacterias, entre otros, son factores incidentes que originan este fenómeno.
- *El creep o termofluencia*: es una deformación dependiente del tiempo y de carácter permanente, a alta temperatura que se presenta con carga constante o con esfuerzo constante [5].

1.4.2 *La ruta del análisis de falla*

Son distintos los sectores productivos, tecnológicos y técnicos que recurren frecuentemente a practicar análisis de falla, entre ellos la industria aeronáutica, médica y militar en las que los costos materiales y humanos de los olvidos, procedimientos errados, fallas de diseño y demás, son funestos para quienes los cometen. Considerando sus aportes –para la ingeniería mecánica– el análisis de falla es una de las herramientas más importantes y uno de los procesos más especializados y complejos del área, debido a que, para determinar una causa probable de falla en una evaluación, son numerosos los factores a estimar y que,

por lo general, se analizan separadamente, siguiendo un orden minucioso para obtener diagnóstico, conclusiones y recomendaciones finales.

Las siguientes, son las etapas para adelantar un proceso de ‘análisis forense’.

- *Evidencia Documental*: Es, tal vez, una de las etapas más sensibles del proceso dado que el componente que falla es concebido, diseñado y fabricado en un tiempo anterior a la falla, por lo que se debe recopilar y contar con el historial del mismo.
- *Datos de ensayos mecánicos*: tales como pruebas de dureza, tensión, flexión o fatiga.
- *Planos*: Como regla, el fabricante debe proveerlos, pero la industria no los exige, lo que muchas veces estimula que los proveedores no cumplan las especificaciones y las dimensiones de los productos que ofrecen.
- *Garantías*: Tanto de materiales como de equipos.
- *Fotografía*: medio económico y muy útil en el análisis. Se deben tomar fotografías del sistema completo en el sitio, del componente antes y después de ser removido, de sus partes, vistas cercanas del área de falla del componente, de otros componentes que puedan mostrar daños relacionados con la falla; preferiblemente a color y desde todos los ángulos posibles.

1.4.3 Procesos

“Lo ideal es que el registro fotográfico sea levantado por dos personas para obtener perspectivas complementarias. Todo es válido y entre más fotografías se tomen, mayores serán las pistas para el trabajo y el desarrollo del análisis”, explica el ingeniero Hormaza. Esta fase es clave en el proceso citado pues el experto en análisis se solicita cuando ya ha ocurrido la falla, cuando se han removido las piezas, se han manipulado, unido, friccionado o dejado a la intemperie, lo que desvía la investigación, retrasa y genera costos adicionales en las pruebas. De allí que, igual como sucede en un caso de asesinato, ante una falla no se altere la evidencia. [6]

- *Condiciones de servicio*: en esta fase se recopila información sobre la operación actual del equipo o componente: niveles de temperatura, presión, velocidad de operación, datos de mantenimiento, condiciones ambientales, humedad, etc.
- *Entrevistas*: el testimonio de las personas es vital en el proceso ya que da pistas concretas para encontrar el mecanismo de falla. Sin embargo, se ha demostrado que los individuos tienen emociones negativas al examinar sus propios errores y en esta instancia, la sinceridad será esencial para no desviar responsabilidades, negándolas o atribuyéndolas a otros sistemas.
- *Selección de muestras*: durante la remoción de un componente que falló se debe procurar no ocasionar otros daños, por ejemplo, si se requiere cortar una pieza, usar un método que no cambie las características del área de falla o simplemente, no tocar la superficie de la fractura con los dedos.
- *Preservación de muestras*: la parte afectada debe conservarse intacta para analizarla en conjunto con los residuos existentes (óxido, polvo, etc.) que pueden ser relevantes en el análisis y causa de la falla. Sin embargo, estas sustancias pueden dificultar el trabajo de análisis por lo que la “limpieza” debe realizarla un especialista, utilizando pruebas y sustancia especiales según el caso –thinner y acetona u otros solventes–, hasta que la pieza o componente revele su brillo original.
- *Ensayos no destructivos*: son herramientas auxiliares para determinar la causa de falla de un componente, haciendo posible verificar la correspondencia entre las posibles discontinuidades (y/o defectos) y la falla ocurrida. Entre ellas están las inspecciones con tintas penetrantes, las partículas magnéticas, el ultrasonido y la radiografía o gammagrafía.
- *Ensayos mecánicos*: son útiles en la medición del servicio y el tipo de material y se adelantan utilizando probetas para ensayo de tensión, compresión, flexión o impacto con el mismo material que presentó falla.
- *Conclusiones*: los resultados obtenidos en las etapas anteriores se sintetizan y relacionan en las conclusiones. A partir de las evidencias y pruebas se elabora un informe que, en términos generales, contiene:

descripción del componente que falló, historial de servicio, historial de fabricación, resultados de análisis metalúrgicos y mecánicos, determinación de los mecanismos y causas de la falla y, recomendaciones para evitar una nueva ocurrencia de falla.

Aunque los análisis de falla son una herramienta vital para la corrección y prevención en los procesos industriales, se debe considerar que en ellos se manejan probabilidades y que las fallas pueden no tener un origen único, sino la unión de varios.

1.4.4 Prevención: Una medida libre de fallas

La prevención en la industria ha sido un tema sensible para los empresarios de vieja y nueva data, un tema dispendioso en el que los costos y lucro cesante ocasionado por fallas ha sido tal vez el factor determinante para que se cambie a una cultura de la prevención. Prevenir está ligado a factores tan importantes como la revisión periódica de los aparatos y maquinaria, la capacitación constante de los operarios, la inspección detallada del mantenimiento y la certificación de los procesos; y todos contribuyen a que se eviten en alto grado, los casos de falla que presenta la industria y que reducen notablemente sus utilidades y su desarrollo.

“Son pocas las empresas que tienen sentido de prevención. Unas por filosofía y otro porcentaje muy pequeño por recursos económicos. La recomendación sería que adelantaran sus investigaciones en sus instalaciones, pero esto requiere una infraestructura y una serie de recursos especiales como un microscopio óptico que está por el orden de los US\$ 10.000”.

Ante los altos costos de las inversiones, que sin duda muchas empresas medianas y pequeñas no están en capacidad de cubrir, el servicio ofrecido por las universidades se convierte en una alternativa viable, segura y económica, comenta el especialista de Análisis de Falla de la Universidad de los Andes.

Pero prevenir siempre será más económico que afrontar las consecuencias de una falla, los tiempos muertos y la improductividad del recurso humano; aunque adelantar un análisis sistemático de fallas le ofrezca a la empresa, después de

efectuado, la posibilidad de alcanzar en menor tiempo, un grado cero de accidentes, fallas y defectos [7].

La industria debe evolucionar de realizar análisis de falla para encontrar meramente la raíz de un problema, tomar el procedimiento como una simple especialización de la ingeniería mecánica o realizarlo solo por atender las consideraciones legales de los aseguradores y obtener así el desembolso de las indemnizaciones, a una práctica duradera. “Si queremos alcanzar un alto nivel de competitividad interna y externa, el análisis de falla debe ser una práctica continua e integral de los sistemas de calidad de nuestras empresas” [8].

Con la tecnología de avanzada para esta materia existente en el país y que está a la vanguardia tecnológica frente al desarrollo mundial, el análisis de falla se convierte entonces en uno de los campos que mayores aportes puede brindar a la industria nacional, pero que debe estar acompañado por un cambio de mentalidad empresarial para ser bien aprovechada [6]

Cualquier proceso es susceptible de fallo. No todo siempre sale bien y hay ocasiones en las que aparecen los problemas y no queda más remedio que entrar en faena y ponerse manos a la obra. A veces, encontrar la solución es evidente y se logra sin apenas esfuerzo, en otras ocasiones, no lo es tanto, llegando incluso a parecer misión imposible **encontrar la causa raíz del problema**. En estos casos ¿Por dónde se debe empezar? ¿En qué debo fijarme? ¿Cómo puedo afrontar el problema de una forma metódica y estructurada?

Para responder a estas preguntas y poder localizar la causa raíz de un problema, existen diversos métodos de análisis que se usan frecuentemente en muchas empresas. En mi caso, trabajando en el sector automotriz, es habitual el empleo de técnicas como la de las “5 M” (léase “cinco emes”), muchas de ellas creadas por Toyota, la empresa madre de la filosofía de la mejora continua. [9] El **Sistema de Producción Toyota** (SPT)(トヨタ生産方式 en japonés, *Toyota Production System* o TPS en inglés) Se hizo conocido como TPS en 1970, pero fue establecido mucho antes por Taiichi Ohno en Japón. Basado en los principios de Jidoka y Just-in-time, el sistema es un factor fundamental en la reducción de inventarios y defectos en las plantas de Toyota y de sus proveedores. El TPS, con

su énfasis en la mejora continua y el valor del compromiso de los empleados, es considerado por la industria automotriz como un auténtico benchmark.

La idea de la producción Justo a Tiempo fue originada por Kiichiro Toyoda, fundador de Toyota. La pregunta era cómo implementar la idea. Al leer descripciones de los supermercados americanos, Taiichi Ohno vio al supermercado como modelo para lo que estaba tratando de conseguir en su fábrica. Un cliente en un supermercado toma la cantidad deseada de bienes de los estantes y los compra, la tienda rellena los estantes con el nuevo producto suficiente para llenar el espacio. De la misma manera que un centro de trabajo iría a un estante (el punto de inventario) por una pieza y la “compraría” (sacaría del inventario) la cantidad que necesite y el estante se rellenaría por el centro de trabajo que produjo esa parte, haciendo sólo lo suficiente para poder reemplazar el inventario que fue sacado. Si bien, un bajo nivel de inventario es clave para obtener el Sistema de Producción Toyota, un elemento importante de la filosofía que se encuentra detrás de su sistema es el trabajar inteligentemente y eliminar el gasto de tal manera que sólo se necesite el mínimo nivel de inventario. Muchos negocios occidentales al ver las fábricas de Toyota, deciden atacar los niveles altos de inventarios directamente sin entender que hizo posible que hubiera esas reducciones. El imitar este proceso sin entender el concepto básico o la motivación pudo haber sido lo que llevó al fracaso de esos proyectos. [10]

1.4.5 El Método de las “5 M’s”

El **método de las “5 M’s”** es un sistema de análisis estructurado que se fija cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema.

La fabricación rentable se basa en la eficiencia de estas 5 M’s: **Mano de obra, materiales, máquinas, métodos y medio ambiente**. A veces representado como un diagrama de pescado, el 5 M’s se puede utilizar para evaluar cada proceso o problema en la fabricación para determinar la causa de la ineficiencia. En 5 M’s, pensamos en las influencias directas como de la 5 M’s en la fabricación eficiente.

1.4.5.1 El modo de pensar de “Lean”

“Lean Manufacturing” se aleja del modelo tradicional de procesamiento por lotes. “Lean Manufacturing” se concentra en el proceso de trabajar a máquina una sola pieza. De esta manera, los pasos de flujo continuo permiten la fabricación de una sola pieza o miles de una manera rápida. Los procesos “Lean” esperan lograr una operación altamente eficiente y libre de residuos, gestión de materiales, mano de obra, energía y precisión. Al tiempo que elimina el riesgo de mantenimiento de existencias en relación con órdenes previstas, la manufactura esbelta es buena para el medio ambiente, buena para sus empleados, y buena para su resultado final. Por la reducción de costos y liberar recursos, los plazos de entrega se reducen, y tanto la productividad como la calidad son mejoradas. Mediante la adopción de técnicas que crean las mejoras incrementales en la organización, una mejora significativa en la eficiencia se ve en general.

1.4.5.2 El papel de la Mano de obra en Lean Manufacturing

Cuando los trabajadores están capacitados y satisfechos aumentan su eficiencia. La automatización de la fabricación ha llegado, nunca vamos a eliminar la necesidad de trabajadores cualificados en el proceso de fabricación. De hecho, muchos fabricantes están encontrando una escasez de trabajadores altamente cualificados con experiencia suficiente para realizar procedimientos complejos de producción de hoy en día. Para superar este reto, las empresas deben centrarse en mantener la eficiencia de su fuerza de trabajo si esperan aumentar la productividad. Los trabajadores necesitan capacitación centrada, oportuna y frecuente en un entorno donde la eficiencia y la productividad es un objetivo común.

1.4.5.2.1 Habilidades

Hay algunas tareas que cualquiera puede aprender a hacer, pero, ¿es simplemente cualquier persona quien va a hacer bien esas tareas? ¡Por supuesto

no! Con trabajadores con la formación adecuada, experiencia e intereses se obtienen mejores resultados que los que están allí sólo para obtener un cheque de pago. Encontrar a los trabajadores adecuados y asegurarse de que estén debidamente capacitados y se adapte a su posición asignada aumentará la eficiencia de manera exponencial.

1.4.5.2.2 Experiencia

Ninguna cantidad de entrenamiento puede sustituir a un trabajador con años de experiencia. Es la experiencia la que ayudará a los trabajadores a identificar y resolver problemas, sugerir mejoras a los procesos, y mantener una eficiencia superior. Esto significa que los trabajadores con experiencia se colocan mejor en las posiciones que tienen influencia en los procesos y estándares en torno a ellos.

1.4.5.2.3 Autodisciplina

La realización de tareas en el tiempo con un alto nivel de precisión requiere práctica y disciplina. Los empleados deben trabajar como un equipo hacia el objetivo común de un proceso de “lean manufacturing”. Sin este nivel de compromiso de cada empleado, la eficiencia se resiente.

1.4.5.2.4 Hábitos institucionales

La eficiencia en “lean manufacturing” debe ser una meta institucional con todos los miembros del equipo invertido en el éxito mutuo. En un entorno donde todos los miembros se centran en un objetivo común inspira a los trabajadores para mantener su nivel de compromiso.

1.4.5.3 El papel de los materiales en Lean Manufacturing

Reducir los costos y aumentar la eficiencia.

En el 5M's, los materiales juegan un papel importante en la eficiencia, proporcionando a menudo una multitud de beneficios que incluyen:

- Reducidos costos de los materiales
- Disminución de tiempo de procesamiento.
- Piezas de trabajo más limpias
- Productos más precisos

Los buenos materiales hacen buenos productos.

1.4.5.3.1 Calidad

La elección de materiales hace productos eficaces. Se puede evitar que existan piezas defectuosas, mejorar el rendimiento del producto final mediante la selección de materiales con la fuerza adecuada, el peso y la resistencia. Las nuevas tecnologías, como el Criogénico de mecanizado¹, hacen accesibles los materiales difíciles de maquinar para casi cualquier proceso.

1.4.5.3.2 Limpieza

Eliminación de residuos igual a eliminación de gastos. Entre desperdicio de materia prima, herramientas desgastadas, y la contaminación durante el proceso, los métodos de trabajo tradicionales están lejos de ser eficientes. Mediante el aprovechamiento de los materiales del estado de la técnica y sistemas de fabricación eficientes, se puede evitar la contaminación de las piezas de trabajo y reducir el uso de consumibles como herramientas especiales de corte.

¹ Métodos centrados en la pulverización del nitrógeno líquido a la herramienta o sumergiendo toda la superficie de la pieza en nitrógeno. Rociar la herramienta requiere una alta tasa de flujo grande. Esto permite que el nitrógeno se evapore antes de alcanzar la mayoría de la superficie de corte y, finalmente, reduce su capacidad de refrigeración.

1.4.5.3.3 Actuación

Un maquinado superior conduce a una mejor precisión. La eficiencia en la fabricación no se puede lograr con herramientas inferiores. La calidad, la disponibilidad, la flexibilidad de sus activos de herramienta se relaciona directamente con la forma de adaptación de su negocio. Al tomar el control de su suministro de herramientas, obtendrá un control preciso de sus materiales y piezas de trabajo.

1.4.5.3.4 Ambiental y la eficiencia

Aumentar la eficiencia de su operación de fabricación mediante el mantenimiento de un medio ambiente limpio y saludable, tanto fuera como dentro de la organización. Materiales amigables con el medio ambiente se caracterizan por:

- Reducción de residuos
- Menos material de desecho
- Disminución de la contaminación
- Ahorro de tiempo
- Eficiencia energética
- Aumento de la Salud y Seguridad

1.4.5.4 El papel de las máquinas en Lean Manufacturing

Máquinas eficientes aumentan la productividad de la planta.

Cada máquina en un proceso de fabricación debe ser diseñada con precisión, construida y programada para realizar su función con la precisión, fiabilidad y durabilidad. Las máquinas que sean fiables, duraderas y eficientes crean un verdadero proceso de “lean manufacturing”.

1.4.5.4.1 Maquinado

Uno tiene que tener las herramientas adecuadas para el trabajo a mano. Las herramientas tienen que ser confiables, duraderas y flexibles para proporcionar la máxima eficiencia para cada proceso.

1.4.5.4.2 Work Holding

Sistemas de sujeción de piezas que garantiza que las herramientas se acomoden de forma concéntrica y con precisión en el soporte para una mayor precisión y una mayor duración de la herramienta. El resultado es un mejor acabado, menos tiempo de maquinado y aumento de la eficiencia en costos.

1.4.5.4.3 Aplicaciones

La ingeniería de aplicaciones es fundamental para el mantenimiento de un sistema de “Lean Manufacturing”. Las mejores aplicaciones incorporan la medición cuidadosa y la investigación con el conocimiento detallado de toda la gama de tecnologías disponibles para diseñar una aplicación de fabricación eficiente. En 5M’s, los ingenieros de aplicaciones de manufactura esbelta desarrollan, implementan y administran aplicaciones que incorporan todos los aspectos del proceso de mecanizado que incluye:

- Estudios de tiempo
- Diseño de procesos
- Selección de maquinado
- Programación de aplicaciones
- Instalación de programas
- Proceso del entrenamiento
- Soporte de aplicaciones
- Lean Manufacturing
- Mantenimiento

1.4.6 Métodos

Los métodos utilizados en la manufactura esbelta deben ser cuidadosamente diseñados y seguidos para maximizar la eficiencia de su funcionamiento. Cada paso debe ser cuidadosamente diseñado para cumplir con las especificaciones de la pieza.

1.4.7 Procesos

El desarrollo efectivo del proceso requiere una gran experiencia en todos los métodos disponibles en todo el espectro de los sistemas de fabricación.

1.4.8 Prueba de error

Si las pruebas adecuadas que se hacen y los procesos están totalmente pensados y documentados, es posible evitar muchos errores comunes en el proceso de producción. Detección de errores puede asegurar de que tiene procesos en marcha para superar los comportamientos que provocan errores.

1.4.9 Control Estadístico de Procesos (SPC)

Una vez diseñado e implementado, los procesos son variables y deben ser medidos, monitoreados y refinados a medida que comienzan a deteriorarse. Se hace manualmente, SPC es una tarea casi imposible que implica la recopilación y análisis de datos a menudo de varias máquinas y comparándolo con las especificaciones de la aplicación.

1.4.10 Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMEF)

Desarrollado por la industria aeroespacial, AMEF es una poderosa herramienta que analizará el diseño, proceso y sistema para cualquier aplicación de fabricación. El uso de este proceso paso a paso, puede evitar todos los posibles fallos en sus sistemas de fabricación. [11]

CAPÍTULO 2

Garantizar eliminación de la falla

A lo largo del proceso de ensamble del auto se van integrando diversos componentes para lograr obtener como producto final los autos que nosotros adquirimos. Dentro de este proceso uno de los puntos clave es el ensamble de motor y Frontend, ya que además de ser una de las partes medulares de un auto, es uno de los componentes con mayor peso que se ensamblan a nuestra carrocería.



Fig. 1 Frontend Beetle como auto terminado.

Este proceso se realiza en varios pasos formando parte de una serie de operaciones de las cuales las más importantes para el tema que seguimos son los que describiré a continuación.

2.1 Proceso de ensamble

2.1.1 Montaje de emblema en tapa delantera

La operación se realiza ejerciendo presión sobre el emblema hacia la tapa la cual a su vez ejerce presión sobre las salpicaderas.



Fig. 2 Montaje de emblema

2.1.2 Montaje de motor

2.1.2.1 Montaje de motor a Ramen

Esta operación se hace a nivel de piso, se monta el motor en un carrito llamado Ramen, como lo muestra la fig.3.



Fig. 3 Montaje de Motor en Ramen.

2.1.2.2 Casamiento de motor y carrocería

La fig. 4 muestra la operación en la cual el Ramen se eleva para ensamblar en la carrocería que viene suspendida en el aire a través del gancho y de esta manera permanecen unidas mientras el motor es fijado a la carrocería



Fig.4 Casamiento de Motor a carrocería.

2.1.2.3 Liberación de Ramen

El Ramen es liberado y la carrocería queda suspendida en el aire ya con el motor en posición. (fig. 5)

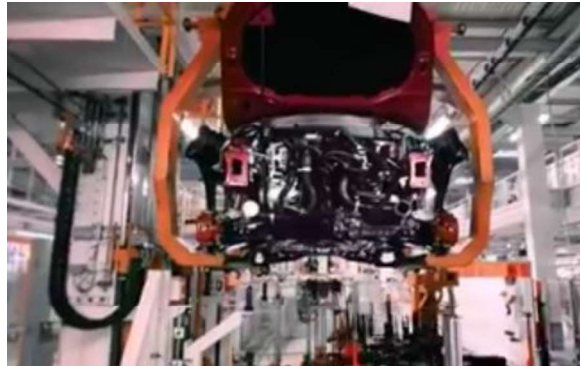


Fig. 5 Casamiento de Motor a carrocería.

2.1.3 Montaje de Frontend

La carrocería realiza un recorrido por la banda elevada, pasa por una pendiente para descender nuevamente a una altura aproximada de 600 despegada del piso y pasar al montaje de Frontend.

2.1.3.1 Montaje de módulo de Frontend

La operación se realiza con ayuda de un dispositivo cargador el cuál sujeta el Frontend a la carrocería mientras este es atornillado.



Fig. 6 Dispositivo de apoyo para montaje de Frontend

El auto continúa su proceso de ensamble sumando componentes hasta llegar a los siguientes puntos que son de relevancia para el tema.

2.1.4 Montaje de fascia

2.1.4.1 Montaje de guía de fascia

Se coloca la guía con ayuda de un dispositivo para darle posición, una de cada lado, entre dos técnicos.

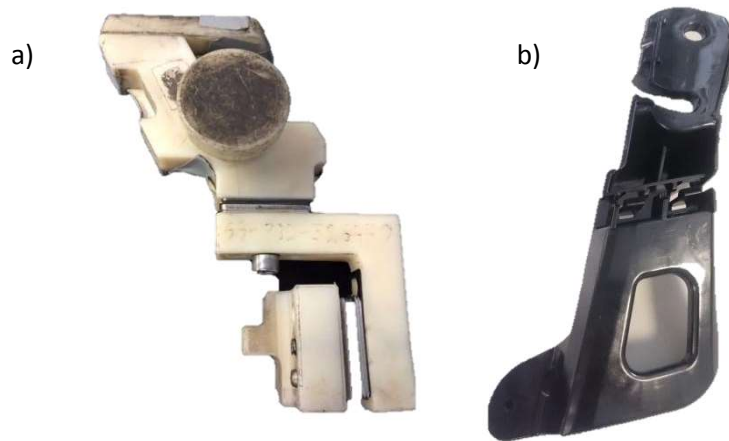


Fig. 7 a) Dispositivo de apoyo para montaje de guía de fascia.
b) guía de fascia

2.1.4.2 Montaje de fascia delantera

Esta operación se realiza entre dos técnicos, uno para cada lado, clipsando primero la zona lateral y posteriormente zona superior (cuernos)



Fig. 8 Secuencia de montaje de fascia

2.1.4.3 Montaje de KSG

La cubierta de radiador se coloca después de fijar la fascia, esta pieza entra a presión en la cavidad de la fascia, y es colocada por un técnico



Fig. 9 Cubierta de radiador

2.1.5 Tapa delantera

2.1.5.1 Ajuste de tapa delantera

Se realiza el ajuste de la tapa de acuerdo a las medidas debe.

Finalmente, el auto está terminado y presenta la condición que observamos en la fig. 10:

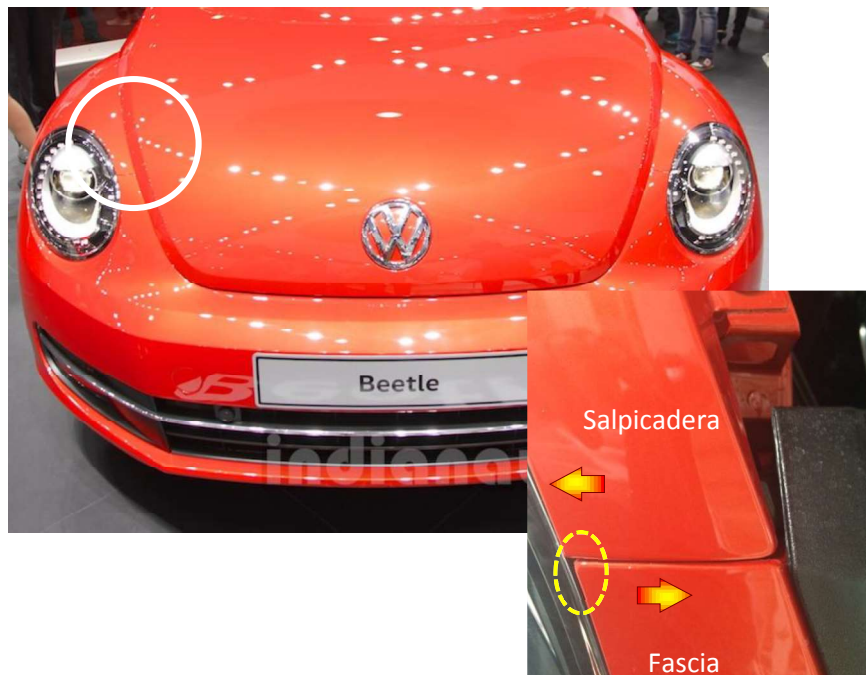


Fig. 10 Desenrase en eje Y salpicadera vs fascia.

2.2 Revisión de proceso e identificación de la falla

Al realizar la revisión de auto terminado se detecta una falla en la zona de enrase de fascia con salpicadera lado derecho (fig. 10).

2.3 Descripción de la falla

La falla consiste en un desenrase de 2mm la fascia hacia adentro del auto, lo cual provoca que se vea un escalón como lo indica la fig. 5, esta situación es una falla demeritada por la auditoria, y al ser una falla repetitiva se solicita el apoyo al área para realizar un análisis y determinar acciones.

2.4 Implementación de medida de contención

Como primer paso nuestra responsabilidad es determinar inmediatamente una medida de contención para evitar que más autos salgan con la falla, por tanto, la medida de contención que implementamos consiste en: aflojar la salpicadera derecha, y llevarla hacia adentro del auto hasta lograr eliminar el desenrase.

Posteriormente ya con la medida de contención funcionando se prosigue a realizar el análisis para determinar acciones definitivas.

2.5 Análisis 5 M's

La metodología de solución de problemas que nosotros empleamos es la conocida como método de las 5 M's, la cual consiste en identificar los 5 factores principales que intervienen en todo proceso:

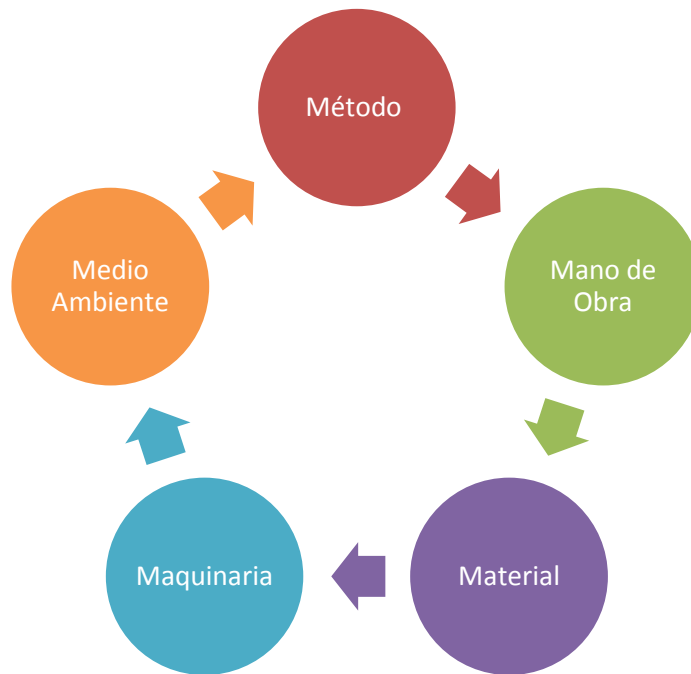


Fig. 11 Diagrama 5 Ms

2.5.1 Método

Se realiza una revisión de los métodos involucrados en cada uno de los puntos mencionados anteriormente y se obtienen las siguientes observaciones:

- ✓ Montaje de emblema en tapa delantera: se encuentra como área de oportunidad la implementación de un dispositivo para evitar que la tapa descansa sobre las salpicaderas y al ejercer presión para colocar el emblema las salpicaderas se deformen.
- ✓ Montaje de Frontend: el método de montaje para el Frontend en este modelo, no consideraba el centrado de este a la carrocería. Se implementa un cambio en el dispositivo que permite ahora centrar el modulo y repartir las desviaciones que pudieran existir.
- ✓ Ajuste de tapa delantera: debido a necesidades de ajuste, el método para esta operación implica jalar la salpicadera en eje Z hacia arriba del auto lo cual provoca el desenrase en Y de la fascia. Para solucionar esta operación se decidió desde la hojalatería mandar este ajuste.

2.5.2 Mano de obra

Realizando una auditoria de proceso las áreas de oportunidad para este factor son:

- ✓ Montaje de guía de fascia: si el técnico no utiliza el dispositivo, es responsable de la falla; si el técnico no realiza correctamente el método de montaje de la guía también es responsable de la falla.

2.5.3 Material

El primer paso para determinar la influencia de los materiales involucrados en el problema es realizar un ejercicio cruzado entre un auto con falla y uno sin falla.

La mecánica a seguir consiste en intercambiar las piezas involucradas y de esta manera observar el comportamiento de estas mismas (Fig. 12)

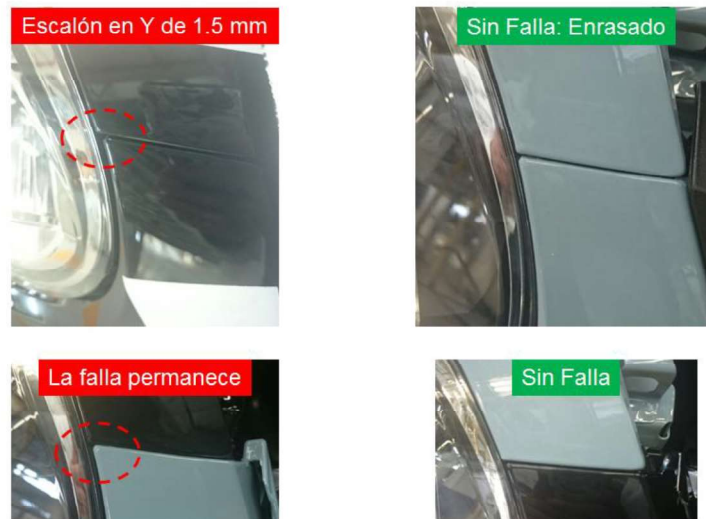


Fig. 12 Prueba cruzada Auto negro con falla, auto azul sin falla (cambio de fascia)

De esta manera comprobamos que la falla se quede en la carrocería, y se deslinda la influencia de la fascia.

Sin embargo, para respaldar este resultado se solicita una evaluación de la fascia y de la cubierta de radiador en Cubing y el reporte por parte de proveedor.

Se realiza una visita a las instalaciones de este para plantear el problema que tenemos en línea y en conjunto con sus especialistas determinar si existe influencia de estas piezas y buscar una solución en conjunto.

Al realizar la evaluación de la fascia y cubierta de radiador en el dispositivo de medición del proveedor se detectan áreas de oportunidad y se acuerda con el proveedor realizar las optimizaciones necesarias para mejorar su producto y disminuir su impacto en la falla.

De forma paralela se realiza el análisis de la carrocería y se observa el comportamiento que ilustra la Fig. 13:

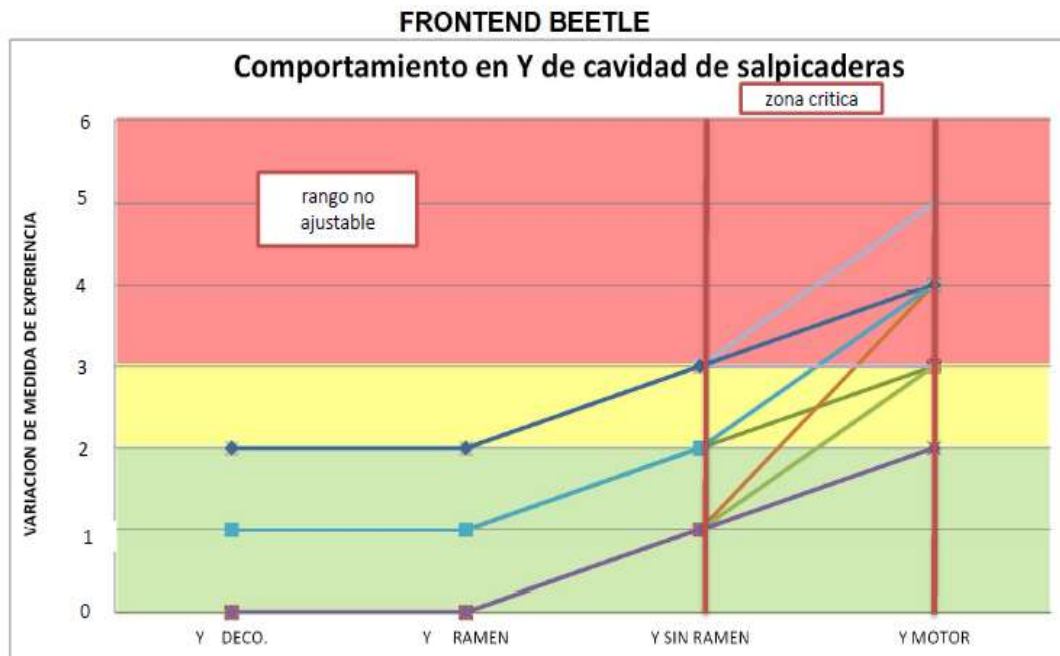


Fig. 13 Gráfica de comportamiento del montaje de piezas e proceso

Conforme el flujo de armado del auto en los puntos evaluados detectamos que la carrocería va perdiendo geometría. Se realizan varias pruebas y se determina que cerrar la cavidad que existe entre las salpicaderas 2mm en eje Y es una medida que elimina la falla.

Se realiza un acuerdo para mantener este estado indefinidamente y se monitorea la repetitividad de la posición con un dispositivo fabricado para este fin.

2.5.4 Maquinaria

Respecto a la maquinaria encontramos dos áreas de oportunidad, la primera en el manipulador para la colocación del Frontend, el cual como ya mencioné anteriormente no permite el centrado y la colocación del Front tiene una tendencia a cargarse hacia el lado izquierdo del auto como lo muestra la siguiente imagen:



Fig. 14 Frontend ensamblado a Schottplatte.

Para ayudar a mejorar esta condición se realiza el cambio de uno de los pernos del dispositivo (fig. 15), para que este permita que el Front corra hacia donde el auto lo requiera y quede centrado.



Fig. 15 Centrado de Frontend

Como segunda área de oportunidad se realizaron modificaciones al dispositivo con el cuál se colocan las guías de fascia y posteriormente se masterizaron los dispositivos tanto del proceso como los que se emplean en el RK (fig. 16).

Dispositivo para montaje de guía de fascia

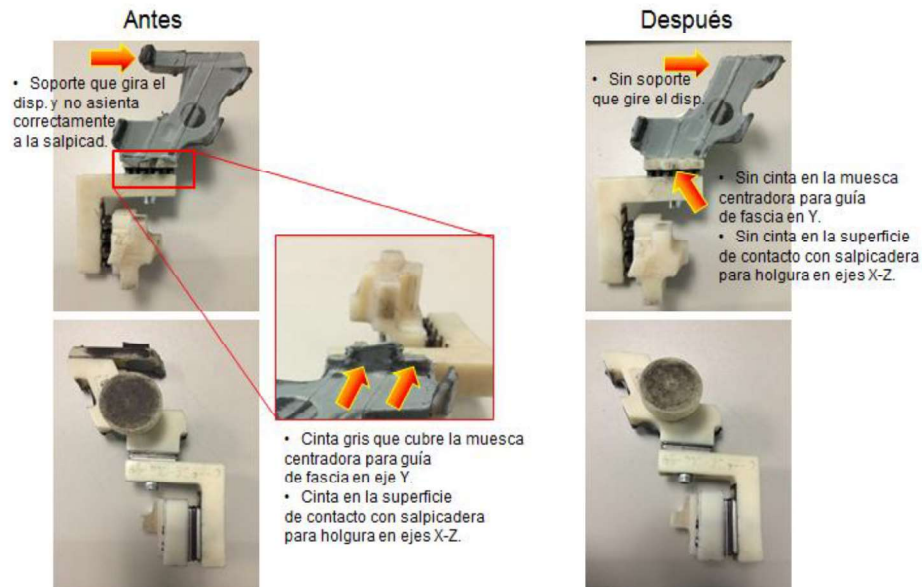


Fig. 16 Dispositivo para montaje de guía de fascia.

Un factor de este rubro el cual tiene la mayor contribución para la falla es el motor, como lo muestra la gráfica 1 el punto en el que la carrocería con motor es liberada y queda suspendida es el punto en el que la geometría se ve más afectada. Como lo mencione anteriormente se toma como medida definitiva cerrar la cavidad de salpicaderas 2mm en eje Y.

2.5.5 Medio ambiente

El factor de medio ambiente no contribuye a esta falla, de la misma manera que la falla no tiene impacto en el medio ambiente.

Después de haber evaluado cada uno de estos puntos y con las acciones realizadas en cada uno de ellos determinamos la causa raíz, acciones, plazos y responsables de la siguiente manera:

2.6 Causa raíz

- El diseño de este modelo no contempla las variaciones que pueden afectar la geometría del auto, por tanto, después de realizar el análisis se determinó que la causa raíz se atribuye al Diseño.

En caso de tener algún auto que presente la falla, se realiza como **medida de contención** el ajuste de la salpicadera, aflojando el tonillo de la omega delantera y se hace el corrimiento de la salpicadera en bandas.

Se respaldan estos acuerdos con un documento firmado por todas las áreas involucradas.

Catálogo de Fallas Frontend



Problema	Estatus	Responsable
① Desenrase en Y Salpicadera vs Fascia	●	Hojalatería
② Holgura cónica de Fascia vs Salpicadera	●	Cal. Partes de C.
③ Desenrase en Z Salpicadera vs Fascia	●	Cal. Partes de C.
④ Desenrase en Z de Salpicadera vs Faro	●	En análisis
⑤ Falta de simetría	●	Montaje
⑥ Holgura y Desenrase de punta de salpicadera vs faro	●	Cal. Partes de C.

Acordado:

Montaje Hojalatería Cal. Partes de C. NP Carrocería NP Montaje

Fig. 17 Acuerdo/ Catálogo de fallas

Capítulo 3

Implementación de medidas de control.

Para garantizar la efectividad de las acciones tomadas para cada punto antes mencionado, y como monitoreo de control de las mismas se implementan las siguientes medidas de la mano de los responsables de verificarlas y de acuerdo al esquema de Key Position (ruta crítica) en el cuál quedan registrados estos acuerdos.

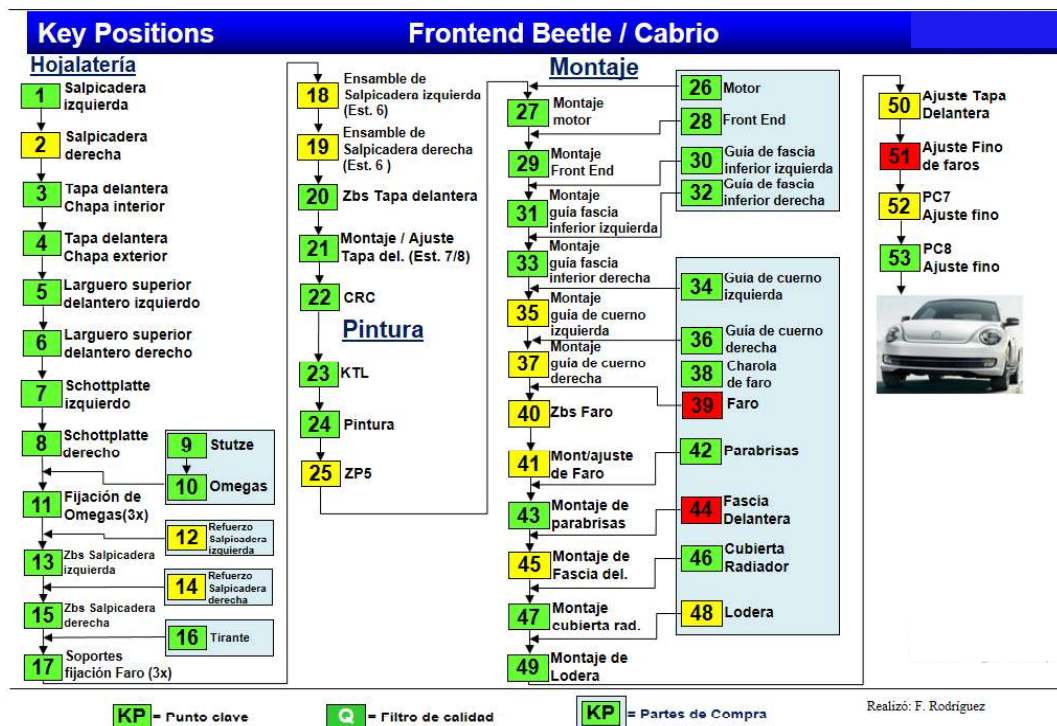


Fig. 18 Key Position Frontend

3.1 Hojalatería

3.1.1 Cavidad en eje "Y" de salpicaderas

Firma de acuerdo para cambio de medida DEBE: con el objetivo de que en el reporte de medición no aparezca fuera de especificaciones, se firma el acuerdo con todos los involucrados para realizar el cambio de tolerancia y DEBE de la distancia en Y que debe existir entre salpicaderas. Se realiza monitoreo con dispositivo portátil fabricado para dicha actividad, adicional a monitoreo con flexómetro para comprobar medidas de experiencia.

Distancia en eje Y entre salpicaderas BNF/CNF

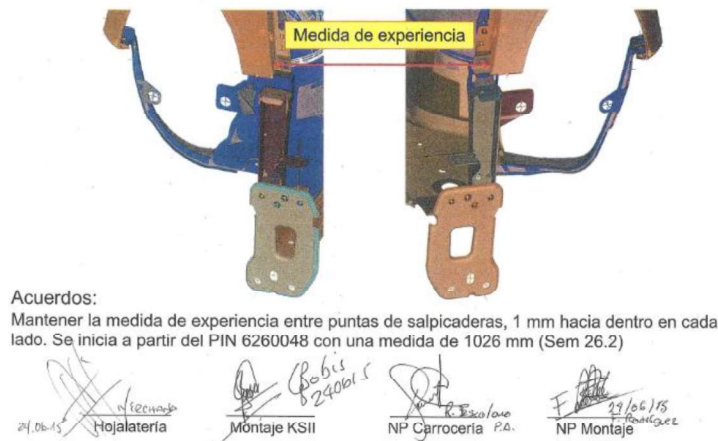


Fig. 19 Acuerdo distancia entre salpicaderas

3.1.2 Posición en eje "Z" de omegas delanteras

Firma de acuerdo para mantener las omegas dentro de los nuevos límites de tolerancia y nueva medida DEBE, monitoreando dicha posición con reporte de PERCEPTRON.



Fig. 20 Acuerdo posición de omegas

3.2 Montaje

3.2.1 Auditorías de proceso

Por parte de los colegas de Calidad línea se acuerda realizar auditorías de proceso para verificar que las medidas implementadas se estén cumpliendo de manera correcta, en este caso el uso correcto del dispositivo para la colocación del emblema, así como el de montaje de guía de fascia.

3.3 Calidad Partes de compra

Contar con los reportes dimensionales de manera semanal o por lote de producción por adelantado dependiendo el proceso de cada pieza, para mantener el monitoreo de los componentes y detectar sus posibles variaciones.

Toda esta información se integra al Key Position y de esta manera se monitorea el comportamiento del módulo de Frontend, adicional a los montajes de CRC's (círculos reguladores de calidad) los cuales nos permiten adelantarnos a las posibles fallas que pudieran presentarse en el montaje.

RK Frontend BNF

Fecha: _____
 Hora: _____
 PIN: _____

Limo Cabrio

Participantes:

NPC	Guillermo Esquivel	<input type="checkbox"/>	NPC	Jose Juan	<input type="checkbox"/>
NPC	Roman Escalona	<input type="checkbox"/>	Prod. N21	Herminto Romero	<input type="checkbox"/>
NPM	Fatima Rodriguez	<input type="checkbox"/>	Prod. N21	Fabian Amaro	<input type="checkbox"/>
Prod. C.	Runsvel Hernández	<input type="checkbox"/>	Percep.	Armando Rosas	<input type="checkbox"/>
Prod. C.	Jesus Reyes	<input type="checkbox"/>			

Lado Derecho

Punto 2
Holgura
Enrase

Punto 3
Holgura
Enrase

Punto 4
Holgura
Enrase

Punto 1
Holgura
Enrase

Enrase en Y
Ok No Ok

Cuernos
Holgura
Enrase

Punto B
Holgura
Enrase

Punto A
Holgura
Enrase

Diadema

Pto. 5	Pto. 4	Pto. 3	Pto. 2	Pto. 1
H	H	H	H	H
E	E	E	E	E

Sem _____ Sem _____

Lado Izquierdo

Punto 1
Holgura
Enrase

Punto 3
Holgura
Enrase

Punto 4
Holgura
Enrase

Punto 2
Holgura
Enrase

Enrase en Y
Ok No Ok

Cuernos
Holgura
Enrase

Punto A
Holgura
Enrase

Punto B
Holgura
Enrase

Diadema

Pto. 1	Pto. 2	Pto. 3	Pto. 4	Pto. 5
H	H	H	H	H
E	E	E	E	E

Observaciones: _____

Acciones, Resp./Plazo: _____

Fig. 21 Minuta para RK

Capítulo 4

Conclusiones e impacto en resultados

Como lo menciona el objetivo general de esta tesina: determinar una medida de contención efectiva, la causa raíz del problema, así como las piezas responsables de provocar la falla, son acciones que ven su impacto y efectividad en los indicadores con los cuales somos evaluados como especialistas, como área, como segmento y finalmente como planta dentro de todo el consorcio VW.

La forma en la que nuestras acciones impactan estos indicadores son:

- Porcentaje de autos directos: cantidad de autos que son vendidos sin ser desviados por algún re trabajo, la línea naranja muestra la meta global, la meta para el módulo de Frontend es contribuir con un máximo del 4% de desvíos en el punto de venta llamado PC7, la falla sobre la cual se trabajó en ese documento sobrepasaba este valor.

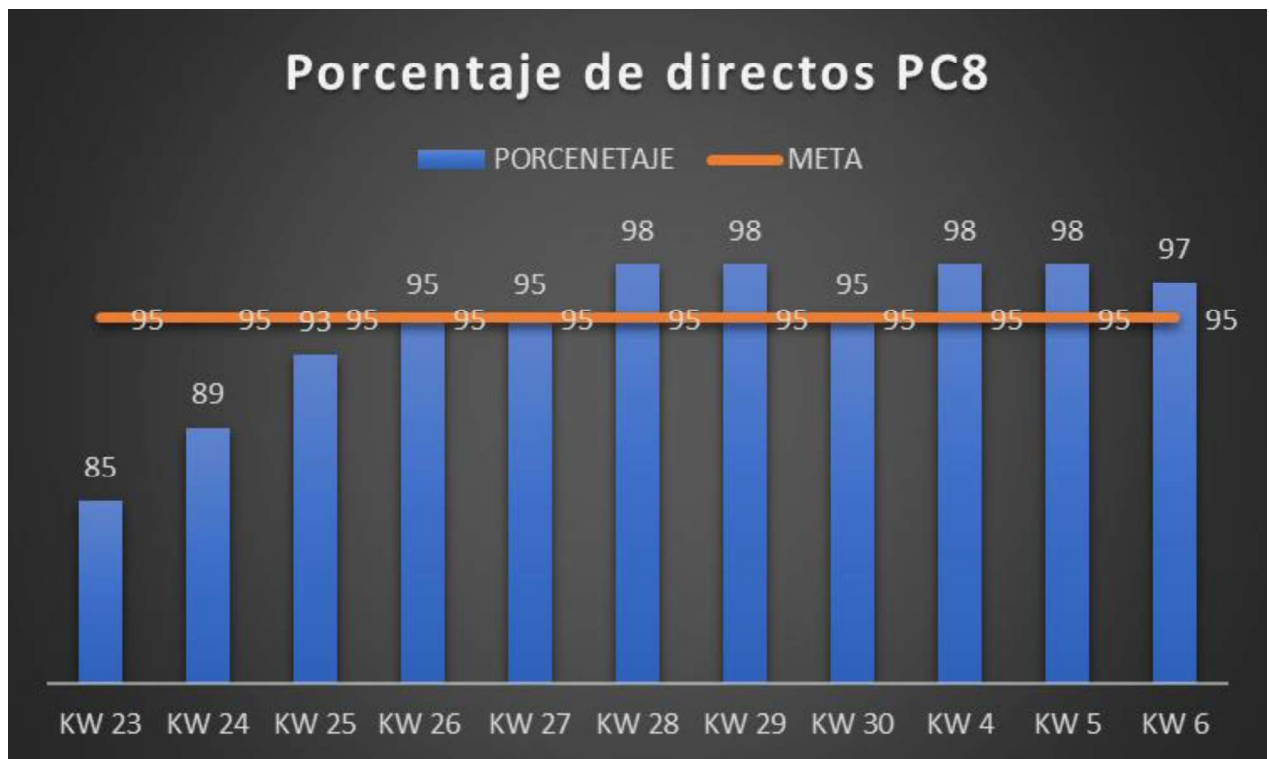


Fig. 22 Porcentajes de autos directos PC7

En el punto de venta llamado PC8, el cual es el último punto de revisión antes de que los autos salgan de planta, tenemos una meta global del 95% lo cual nos llevó a garantizar las medidas en el PC7 y no dejar salir ningún auto con la falla para evitar afectar el porcentaje de directos.

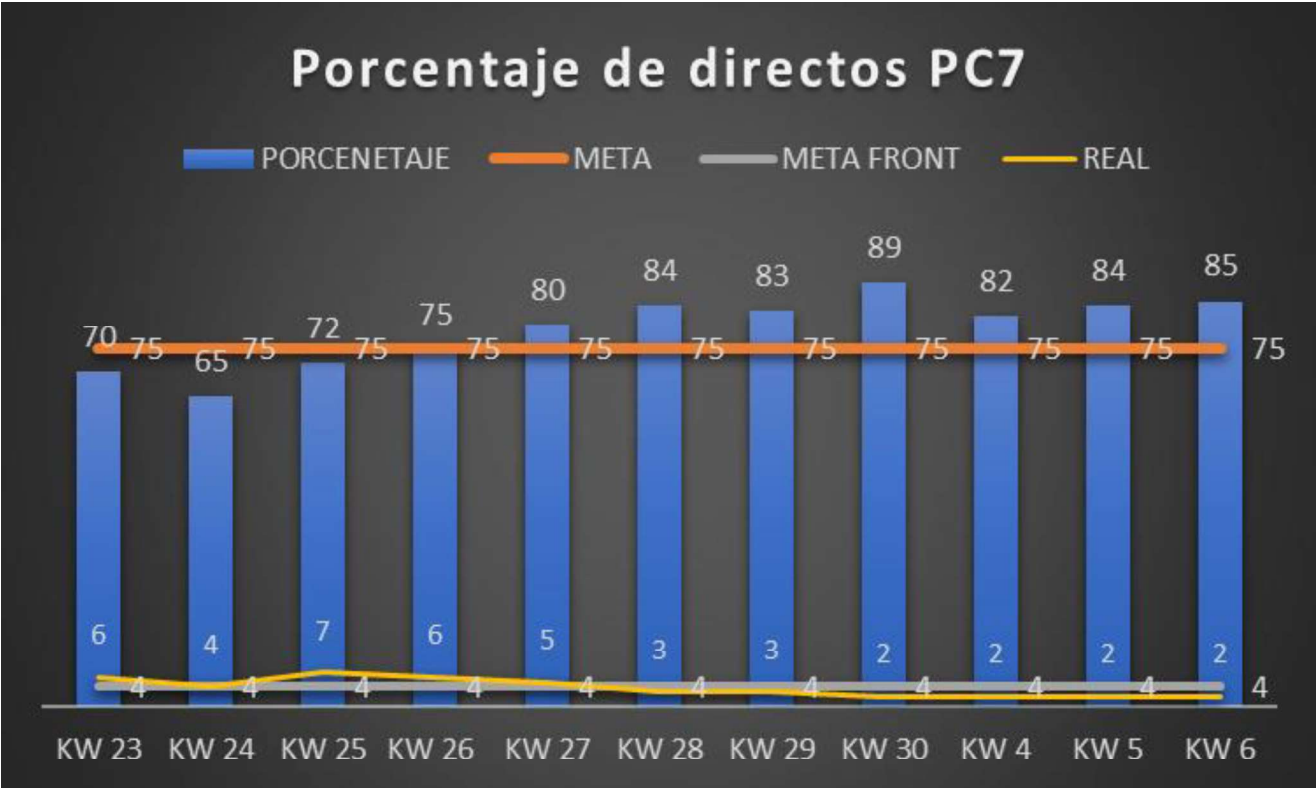


Fig. 23 Porcentajes de autos directos PC8

- Puntos de demerito en DKA y Auditoria de Auto terminado, ambos son clientes externos los cuales evalúan nuestros niveles de calidad de acuerdo a las especificaciones técnicas del auto en estos puntos de evaluación, las meta para fallas C1 es 0.4 fallas por auto, y para fallas B es de 0.2 fallas B por auto, con las medidas implementadas, las metas no se ven afectadas.

FALLAS C1 POR AUTO

		VW 324											
		1er. Cuartal			2do. Cuartal			3er. Cuartal			4to. Cuartal		
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agp	Sep	Oct	Nov	Dic
Autos auditados								10	12	0	10	11	10
Frontend Fatima R.	Fallas C1							1	1	0	3	2	0
	Promedio Fallas C1							0.1	0.1	0.0	0.3	0.2	0.0
	Promedio Cuartal							0.1			0.2		
Heckend Enrique M.	Fallas C1							3	4	0	2	2	3
	Promedio Fallas C1							0.30	0.33	0.00	0.20	0.18	0.30
	Promedio Cuartal							0.2			0.2		
Cristales Fatima R.	Fallas C1							0	3	0	0	0	0
	Promedio Fallas C1							0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio Cuartal							0.00			0.00		
PAD Fatima R.	Fallas C1							0	0	0	1	0	0
	Promedio Fallas C1							0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	Promedio Cuartal							0.00			0.00		
Total por auto								0.1			0.1		
Total de fallas C1 por auto		0.1											

FALLAS B POR AUTO

		VW 324											
		1er. Cuartal			2do. Cuartal			3er. Cuartal			4to. Cuartal		
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agp	Sep	Oct	Nov	Dic
Autos auditados								10	12	0	10	11	10
Frontend Fatima R.	Fallas B							0	0	0	0	0	0
	Promedio Fallas B							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio Cuartal							0.00			0.00		
Heckend Enrique M.	Fallas B							0	0	0	0	1	0
	Promedio Fallas B							0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
	Promedio Cuartal							0.00			0.00		
Cristales Fatima R.	Fallas B							0	0	0	0	0	0
	Promedio Fallas B							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio Cuartal							0.00			0.00		
PAD Fatima R.	Fallas B							0	0	0	0	0	0
	Promedio Fallas B							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio Cuartal							0.00			0.00		
Total por auto								0.0			0.0		
Total de fallas C1 por auto		0.0											

Fig. 25 Promedio de fallas B en Auditoria

Para el indicador de auditoría, el control que se lleva para el módulo de Frontend es el que se presenta en la fig. 26, el cual muestra la gama de fallas que se demeritan en el módulo y de esta manera concentramos los puntos de demérito por cada falla, para con esta información mantener el módulo dentro de meta y atacar los problemas que nos causen un desvío ya sea por gravedad o por repetitividad

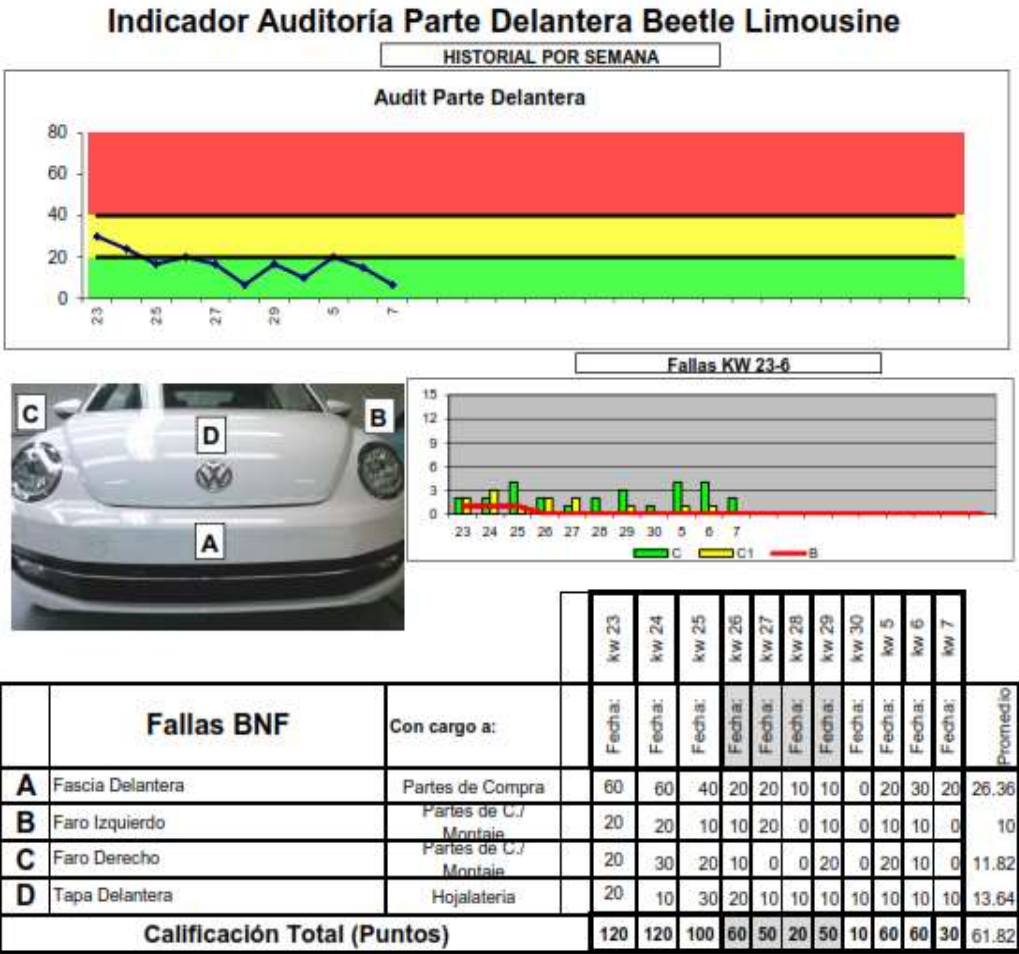


Fig. 26 Concentrado de fallas de Auditoria

- El costo por auto no debe incrementar por re trabajos
- Reducir tiempos de operación.
- Garantizar operaciones ergonómicas para nuestros técnicos.

Los indicadores a través de los cuales es medida la efectividad de un análisis cuyo objetivo es determinar la causa raíz de un problema demuestran que las acciones tomadas para la eliminación de la falla **“Desenrase en eje “Y” entre salpicadera y fascia lado derecho Frontend Beetle”** fueron 100% efectivas, ya que desde el momento en el que quedaron implementadas no ha sido una condición demeritable en ninguno de los puntos de evaluación que se mencionaron.

Cada integrante del equipo es responsable de mantener dentro de los acuerdos establecidos el componente del cual son responsables, para de esta manera garantizar que no vuelva a aparecer la falla.

Es importante destacar que el trabajo colaborativo en la sistemática que maneja VWM es uno de los puntos medulares para mantener la calidad de nuestros vehículos ya que cada uno de nosotros contribuye con una parte de nuestros autos, y cada acción que nosotros realizamos impacta directamente al producto, por eso mantener el enfoque hacia el beneficio del auto siempre debe regir nuestros análisis.

Bibliografía

- [1] Volkswagen, «www.vw.com.mx,» 2016. [En línea]. Available: http://www.vw.com.mx/es/mundo-volkswagen/mision_y_vision.html. [Último acceso: 06 junio 2016].
- [2] «Intranet Volkswagen de Mexico,» [En línea]. Available: portalvwm.na.vwg. [Último acceso: 04 03 2016].
- [3] V. instituto, Manual de capacitación AMFE Volkswagen instituto.
- [4] «1. Análisis de Falla. Universidad Metropolitana. Cursos».
- [5] «Análisis Forense de Partes Falladas».
- [6] M. C. R. Cruz, «Metal Actual,» [En línea]. Available: WWW.METALACTUAL.COM. [Último acceso: 21 04 2016].
- [7] U. d. I. A. D. d. Ingeniería, *Ensayos y precios*.
- [8] Equipo de Consultores InfoSol., «infosol,» 2009. [En línea]. Available: http://www.infosol.com.mx/espacio/Articulos/Desde_la_Investigacion/La-Dificil-Tarea-Analizar-Fallas.html#.V9gZFDWYJuE. [Último acceso: 13 09 2016].
- [9] P. Herrero, «blog sage,» 05 Marzo 2011. [En línea]. Available: <http://blog.sage.es/innovacion-tecnologia/las-5-m-como-metodo-para-localizar-la-causa-raiz-de-un-problema/>. [Último acceso: 19 09 2016].
- [10] T. Ohno, «Toyota Production System: Beyond Large-scale Production, Productivity Press Inc.,» de *Toyota Production System*, 1995, p. https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_producci3n_Toyota 19.09.16.
- [11] «5me,» [En línea]. Available: <http://5me.com/the-5ms-of-efficiency/explore-the-5ms/>. [Último acceso: 19 09 2016].