

## **¿Hacia dónde tiende el mantenimiento? Estudio de un caso en la industria automotriz**

**Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial GEMI - EAFIT**

**Semillero de Investigación en Mantenimiento y Gestión de Activos SIMEGA**

**Investigador Principal: Gustavo Adolfo Villegas López**

**Estudiantes colaboradores:**

**Juan David Gaviria; Daniel Cadena; Miguel Zuluaga; Carlos Rueda; Carlos González; Samuel Vélez; Juan Pablo Rodríguez; Daniela Alvarez; Maria Alejandra Botero**  
**Universidad EAFIT - Colombia**

### **Resumen del trabajo:**

Es de esperarse que los cambios tecnológicos de la maquinaria y equipo desencadenen formas diferentes de intervenirlo y mantenerlo. Para validar esta premisa, la industria automotriz ofrece muy buenos ejemplos de ello, al ser uno de los sectores más dinámicos y de mayor desarrollo en el mundo.

El presente trabajo se basa en la revisión de las recomendaciones de mantenimiento establecidas por el fabricante del Volkswagen Golf en los manuales de usuario de los modelos de las diferentes generaciones comercializadas desde la década de los 70's hasta hoy (más de 40 años de evolución tecnológica). Los cambios en las intervenciones de mantenimiento permiten inferir sus tendencias futuras, y de forma general, trasladar estas conclusiones a otros equipos y maquinaria presentes en la industria 4.0.

### **1. Desarrollo de la industria automotriz en el mundo: Generalidades.**

Hasta mediados del siglo XX, la producción de autos se realizaba en unos pocos países industrializados de Norteamérica y Europa Occidental: Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Alemania e Italia. En estos países, la industria automotriz abastecía sus mercados internos,

y exportaba parte de su producción al resto del mundo (FITZSIMONS, 2018).

La fabricación de automóviles tuvo un crecimiento significativo luego de la segunda guerra mundial, cuando se impulsaron grandes cambios en las líneas de producción de automóviles, con la implementación de procesos automáticos, que mejoraron la calidad y permitieron también nuevos diseños de los vehículos, haciéndolos más rápidos, confiables y seguros (GONCALVES, 2016).

Los países líderes en la industria automotriz innovan sus productos con una influencia marcada en el contexto cultural, geográfico, y recientemente, motivado también por aspectos ambientales. Se notan claras diferencias entre los fabricantes europeos, norteamericanos y asiáticos: Para la industria europea y asiática prima mucho un vehículo de motor pequeño, diseño aerodinámico y carrocería pequeña que pueda entrar por sitios reducidos, como en muchas calles que aún existen en el viejo continente (GARCÍA, 2013). Mientras para la cultura americana, que posee autopistas amplias y modernas, prefieren vehículos grandes, con gran motor y diseño robusto, que proveen mayor espacio interior y accesorios de lujo.

La industria automotriz evoluciona constantemente. Hoy se pueden identificar claramente tres pilares del desarrollo automotriz:

la conectividad, el confort y la automatización (Orozco, 2018).

## **2. Interrelación entre la evolución tecnológica y sus implicaciones en el mantenimiento.**

Desde finales del siglo XIX ya existían compañías productoras de vehículos como Panhard et Levassor y Peugeot, pero es en 1913 cuando Henry Ford comienza la producción en serie más grande para la época con el Ford modelo T. Este tiempo se asocia a la primera revolución industrial, y a la primera generación del mantenimiento con predominio del correctivo. Los vehículos eran poco confiables e inseguros en su manejo.

Un breve recuento de los avances tecnológicos más importantes en la historia del automóvil comienza en 1910, cuando se incorpora el encendido eléctrico; en 1920 los autos tenían frenos en las cuatro ruedas como precursor del freno antibloqueo que revolucionaría la potencia de frenado; en 1930 se incorpora la radio y comienzan a definirse por parte de los fabricantes algunas rutinas de mantenimiento descritas en manuales, para inspeccionar los elementos de los subsistemas con el fin de que se previnieran sus fallos antes de ocasionarse. Las tareas de inspección se debían realizar casi permanentemente, como el chequeo de los frenos semanalmente y revisión del líquido de las baterías (que en ese momento eran de ácido sulfúrico). En 1934 sale al mercado el Citroën Traction Avant, que modificó su carrocería constituyendo una unidad inseparable del chasis y con éste, la invención de la pintura anticorrosiva. En 1956 aparece la dirección asistida, una invención que se convirtió en una característica común en los automóviles de la postguerra. Posteriormente, en 1969 se desarrolla la Transmisión automática de 3 velocidades,

constituyéndose en una instalación estándar en muchas marcas y modelos.

En el año de 1982 se incorpora la inyección electrónica de combustible, para esta fecha el automóvil ya era una combinación entre mecánica y electrónica, y en 1984 se mejora la seguridad con la introducción de las bolsas de aire, invento que se estandarizó inmediatamente a nivel mundial; posteriormente, en 1995, se añaden los sistemas de navegación como el GPS y, hacia el año 2000, comienzan a ofrecerse comercialmente los vehículos híbridos con fuerte impacto en temas ecológicos. En la última década, y tras un avance exponencial en las Tecnologías de Información y Comunicaciones, aparecen los autos interconectados “inteligentes” (GESTIÓN, 2015).

Desde el punto de vista de mantenimiento, los avances tecnológicos permitieron anticipar primero el reemplazo de partes basadas en el tiempo (preventivo) y luego tareas asociadas al mantenimiento basado en la condición (predictivo), gracias principalmente al desarrollo de la electrónica.

Hoy, los automóviles son más confiables y las tareas de mantenimiento son menos frecuentes. Aunque ya no se hace necesario realizar las numerosas rutinas de chequeo propias de los automóviles antiguos, prevalece la existencia de revisiones periódicas que los fabricantes aconsejan realizar, basadas en el tiempo de uso o el kilometraje recorrido.

## **3. Caso de estudio: El Volkswagen Golf**

El Volkswagen Golf ha sido un automóvil emblemático. De diseño Alemán, se ha fabricado de forma continuada, desde 1973 hasta hoy, y su evolución más importante se puede reconocer en 7 generaciones conocidas como MK1 hasta MK7.

En el año 2009 el Golf MK6 fue premiado como el vehículo mundial del año.

### **Volkswagen Golf MK1 (1973-1984)**

Con este modelo se da comienzo al legado que representa este vehículo para la marca, cuenta originalmente con unas dimensiones de 3,82 metros de largo, 1,61 de ancho y 1,41 de alto, en el compartimiento del motor se encuentra un bloque de 4 cilindros de 1.5 litros y 70 CV. Cuenta con 4 velocidades además de la reversa. Se puede considerar muy liviano, con un peso aproximado de 805 kilogramos, y poseía una suspensión bastante rígida.

### **Volkswagen Golf MK2 (1983-1992)**

Este vehículo tiene un diseño renovado y de mayor tamaño, aumenta sus medidas en 16 centímetros más largo, 7,5 centímetros más ancho y medio centímetro más alto. En cuanto al motor, igualmente aumenta su cilindraje y potencia, siendo de 1.8 litros y 90 CV. Todos estos cambios también repercuten en el peso, aumentando 72 kilogramos más, llegando a un peso promedio de 877 kilogramos.

### **Volkswagen Golf MK3 (1991-1997)**

Las dimensiones siguen en aumento. Esta generación cuenta con 4,02 metros de longitud, 1,7 metros de ancho, un peso de 1.008 kilogramos. El tablero ya cuenta con testigos y contadores que se asemejan mas a los utilizados en los autos modernos. Así mismo resalta la presencia de nuevos sistemas eléctricos y automatizados como ventanillas eléctricas, calefacción y aire acondicionado entre otras. Aparecen nuevos motores de 2 litros con 115 CV.

### **Volkswagen Golf MK4 (1997-2003)**

Las dimensiones aumentan nuevamente con una longitud de 4,15 m y 2,15m de ancho. Su primera renovación, conocida como el Golf 4Motion ofrece tracción en las 4 ruedas, gracias a la

incorporación de un diferencial tipo Torsen. La remodelación de estas partes mecánicas facilitó también “la incorporación del sistema de control de estabilidad como equipo de serie en toda la gama.” (Gálan, s. f.)

### **Volkswagen Golf MK5 (2003-2008)**

Una de las características que lo hacen destacar sobre las generaciones anteriores, es el hecho de reemplazar su tradicional suspensión trasera semi-independiente de eje autoportante, por un muy novedoso diseño multibrazo. Su factor limitante es el tiempo empleado para la producción de una unidad, puesto que llegó a alcanzar el inusual tiempo de 50 horas, esto se traducía en un elevado precio. Otras incorporaciones sobresalientes de este modelo son los motores con inyección electrónica directa, los cuatro frenos de disco, un nuevo sistema de dirección electrohidráulica, control de tracción, asistente de frenado, diferencial autobloqueante, sistema antibloqueo de frenos, seis bolsas de aire, espejos exteriores y eleva-vidrios eléctricos. (Autofacil, 2009)

### **Volkswagen Golf MK6 (2008 – 2012)**

Entre sus cambios más notables respecto a su predecesor estaban la inclusión de un séptimo airbag para las rodillas y elementos opcionales como los sistemas de ayuda al estacionamiento, suspensión adaptativa electrónica, y monitoreo de presión de los neumáticos. (“Volkswagen Golf VI”, s. f.)

### **Volkswagen Golf MK7 (2012 – Hoy)**

La mayor cantidad de cambios respecto a su predecesor se encuentra en la implementación de sistemas de seguridad innovadores como: un sistema de frenado anti colisiones múltiples que detiene automáticamente al coche después de una primera colisión para evitar una segunda colisión, un control de crucero adaptable que incluye una función de frenado de emergencia, un asistente

para permanecer en un mismo carril, un detector de fatiga del conductor, un sistema de reconocimiento de señales de tráfico y un sistema de estacionamiento automático. (“Volkswagen Golf VII”, s. f.)

### **3.1. Cambios en las rutinas de mantenimiento más importantes en cada generación del vehículo.**

La información con la que se construye este apartado es fruto de la revisión exhaustiva de los manuales de usuario de cada vehículo.

#### **MK 1- MK 2**

Entre la generación MK 1 y MK 2 se ve un cambio en el sistema o fluido de refrigeración debido a que se registra que en el MK 1 se debía revisar el nivel de agua del radiador, mientras en el MK 2 el fluido cambia a un refrigerante distinto del agua.

Dado que en el MK 1 no se especifica la revisión de la dirección, y en la generación MK 2 se especifica que se debe revisar el líquido de la dirección asistida del mismo, se asume que se pasó de dirección mecánica sin asistencia a dirección mecánica asistida.

Aparece un nuevo ítem a revisar en el MK 2, el cual es el de chequeo del sistema eléctrico del motor, indicando que hubo un avance en la implementación de testigos para el monitoreo del estado de funcionamiento del mismo.

El MK 2 aumentó las tareas de mantenimiento, debido a la incorporación de nuevos sistemas que hacen parte del vehículo (como el aire acondicionado), lo cual requiere rutinas para estos nuevos componentes. En su última versión, el MK 2 poseía *sunroof*, representando un incremento en los planes de mantenimiento debidos al robustecimiento de su estructura.

#### **MK 3**

El ítem de "Sistema de autodiagnósticos: Consultar memoria de averías", llama la atención porque representa una nueva fase para el desarrollo automotriz. En las versiones anteriores se contaban con sistemas eléctricos de lógica básica que fueron reemplazados por un sistema de electrónica avanzada que monitorea de forma continua diferentes variables de funcionamiento de los sistemas más críticos, ocasionando un cambio en las rutinas y técnicas de mantenimiento que se venían practicando.

#### **MK4**

En esta generación se evidencia claramente la desaparición de ciertas tareas de mantenimiento, que hasta ahora contaban con una notable presencia. Lo anterior no solo debido a la evolución que envuelve a este modelo y a la marca, sino también a la calidad y eficiencia de los productos que ofrecen otros proveedores de autopartes, y que las nuevas tecnologías de la época les permiten lograr (ejemplo de ello es la incorporación de baterías secas, libres de mantenimiento y los avanzados desarrollos en llantas y lubricantes sintéticos). Desaparece la revisión rutinaria de distintos elementos, como la operación del clutch, el nivel del aceite de transmisión, mangueras y uniones de combustible y líquido de frenos, piñón de dirección, ajuste de la marcha lenta, bisagras y manijas, que se asume que por los altos niveles de calidad y avances tecnológicos hacen que no sea necesaria su revisión.

#### **MK5**

El aspecto que resalta en este cambio de generación es la reducción de intervenciones de mantenimiento en función del kilometraje y en el tiempo. Por ejemplo, el cambio del filtro de aceite en la cuarta generación se da cada 7.500 km, para contrastar con la quinta generación donde para el cambio del mismo ítem se sugiere un recorrido de

kilometraje mínimo de 15.000 km. Nuevamente se concluye que los avances en diseño y nuevos materiales permiten alargar la vida útil del componente inclusive hasta al doble. Es importante añadir que a partir de esta generación los planes de mantenimiento abarcan vida de componentes que deben revisarse a los 300.000 kilómetros.

#### **MK 6-MK 7**

Entre estas dos generaciones se puede observar que desaparece el cambio de rodillos tensores, esto puede deberse a mejoras en el diseño de los mismos de modo que solo sea necesario cambiar las correas dentadas y que solo se pueda observar un desgaste significativo en los rodillos mucho tiempo después de que el automóvil alcance su vida útil. También se puede identificar la desaparición del ítem en el programa de mantenimiento del MK 7 el cual es: Cambio de aceite de sistema 4motion. Nuevamente se deduce que la tecnología en lubricantes permite garantizar el funcionamiento de esta transmisión sellada de por vida.

#### **4. Implicaciones de estos cambios en el futuro ¿es posible reconocer una tendencia en el mantenimiento automotriz? ¿Se puede inferir que esta tendencia es aplicable a otros equipos y maquinaria en la industria?**

Un sector tan dinámico como el automotriz es foco de cambios gracias a los avances científicos que provienen de cualquier parte del mundo. Los vehículos deben adaptarse como producto que busca sostenerse en el tiempo, siendo cada vez más seguros y confiables. Las nuevas metodologías de diseño que se aplican al campo automotriz, los desarrollos tecnológicos y de ingeniería que dieron paso a nuevos materiales, diseños de elementos con herramientas computacionales, muchas horas de experimentación en laboratorios, los avances en electrónica, informática y computación y

conectividad, generaron grandes cambios que a su vez repercutieron en los planes de mantenimiento, confirmando la fuerte dependencia que éste tiene de la tecnología.

La presente investigación muestra el cambio significativo de las rutinas de mantenimiento. Los desarrollos tecnológicos suprimieron prácticamente las tareas manuales y de revisión continua; los computadores a bordo conectan todos los sistemas procesando permanentemente información que desencadena en sofisticadas técnicas de monitoreo de condición que velan por la seguridad del vehículo, y la vida de las personas, ante la presencia de fallos. Las averías de componentes conducen a tareas correctivas muy especializadas de reemplazo de partes, generando la dependencia de acudir a centros especializados y talleres autorizados por el fabricante para adelantar labores de mantenimiento. Siempre se requerirá demanda por repuestos, los cuales pueden ser mucho más costosos debido a su sofisticación e integración tecnológica.

Un hallazgo importante es la desaparición de la frecuencia con la que el usuario debe revisar los componentes del vehículo. Los manuales de usuario revisados para el modelo estudiado mostraban que en cada generación se necesitaban menos intervenciones del propietario al igual que menos visitas periódicas al taller. Los autos más recientes muestran mayor vida de los elementos, aprovechando más su capacidad sin afectar la operación, aumentando su disponibilidad y confiabilidad.

#### **5. Nuevos temas de estudio y conclusiones.**

Al estudiar la estrecha relación entre mantenimiento y tecnología, se alcanza una perspectiva de la evolución de los diferentes subsistemas que componen las máquinas, y la



tendencia en las intervenciones más costo-eficaces que deberán hacerse a corto, mediano y largo plazo alcanzando mayores niveles de disponibilidad a lo largo del ciclo de vida.

Los avances tecnológicos, junto con el aumento en la confiabilidad de los elementos y sistemas, reducen la cantidad y repetición de las intervenciones rutinarias de los equipos, gracias al control que se tiene de la vida útil de las distintas partes críticas. Es de esperarse, que las máquinas modernas requieran rutinas de mantenimiento no tan frecuentes, y que las mismas estén interconectadas a los fabricantes y centros especializados ubicados en cualquier lugar del mundo, los cuales remotamente pueden parametrizar y corregir fallas por medio de programas informáticos, limitando la acción humana solo a intervenciones estrictamente necesarias.

### Bibliografía

- Fitzsimons, A. (s.f). *Estado y acumulación de capital en Argentina*. Recuperado el 12 de 03 de 2018, de <https://www.teseopress.com/estadoyacumulaciondecapitalenargentina/wp-content/uploads/sites/417/2017/11/Estado-y-acumulaci%C3%B3n-de-capital-en-Argentina-1510239097.pdf>
- GONCALVES, R. (11 de Octubre de 2016). *Motor y Racing*. Recuperado el 18 de Marzo de 2018, de <http://www.motoryracing.com/pruebas/noticias/breve-historia-del-ensamblaje-automotriz/>
- Autofacil. (2009). 35 años de VW Golf (V): la quinta generación (2003-2008). Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de <http://www.autofacil.es/volkswagen/2009/08/27/35-anos-vw-golf-v-quinta-generacion-2003-2008/2304.html>

- Gálan, M. (s. f.). Volkswagen Golf: historia y antecedentes: Volkswagen Golf IV. Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de <https://motorgiga.com/historia/modelos-de-coches/volkswagen-golf-historia-y-antecedentes-volkswagen-golf-iv/gmx-niv23-con1115.htm>
- km77. (2009). Volkswagen Golf (2009) | Información general. Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de <https://www.km77.com/coches/volkswagen/golf/2009/3-puertas/informacion>
- Motorpasion. (2017). Volkswagen e-Golf, a prueba. El clásico de los compactos cree en el futuro eléctrico. Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de <https://www.motorpasion.com/pruebas-de-coches/volkswagen-e-golf-2017-prueba>
- Volkswagen Golf IV. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de [https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_Golf\\_IV](https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Golf_IV)
- Volkswagen Golf V. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de [https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_Golf\\_V](https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Golf_V)
- Volkswagen Golf VI. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de [https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_Golf\\_VI](https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Golf_VI)
- Volkswagen Golf VII. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2018, a partir de [https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_Golf\\_7](https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Golf_7)
- OBJ Gestión La máquina del tiempo: Evolución de la tecnología automotriz <https://gestion.pe/tecnologia/maquina-evolucion-tecnologia-automotriz-80743>