

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

[DOI 10.35381/cm.v8i4.1000](https://doi.org/10.35381/cm.v8i4.1000)

## **Simulación-análisis del funcionamiento del sistema de inyección de combustible del vehículo Chevrolet Grand Vitara**

### **Simulation-analysis of the operation of the fuel injection system of the Chevrolet Grand Vitara vehicle**

Giovanny Vinicio Pineda-Silva

[ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-2785-1249>

Dylan Andrés Constante-Moya

[ia.dylanacm57@uniandes.edu.ec](mailto:ia.dylanacm57@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-9249-608X>

Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete

[ia.mariojpn43@uniandes.edu.ec](mailto:ia.mariojpn43@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-9249-608X>

Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

[ia.andressjg44@uniandes.edu.ec](mailto:ia.andressjg44@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-3564-8379>

Recibido: 15 de junio 2022

Revisado: 10 de agosto 2022

Aprobado: 15 de septiembre 2022

Publicado: 01 de octubre 2022

## CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año VIII. Vol. VIII. Nro. 4. Edición Especial 4. 2022

Hecho el depósito de ley: FA2021000002

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue identificar las fallas en un vehículo Chevrolet Grand Vitara con un sistema de inyección. El estudio fue descriptivo, se analizaron características del sistema de inyección y se cuantificó niveles de criticidad. Los resultados reflejaron que el sistema de inyección a gasolina no cumplía con un mantenimiento adecuado, puesto que se presencié una contaminación excesiva fuera del rango permitido por la normativa ecuatoriana; además, se realizó una simulación del inyector con el fin de determinar su factor de seguridad, una hoja de control y un plan de mantenimiento que sea óptimo para el vehículo, para lo cual en primera instancia se investigó las características del sistema, se cuantificó el nivel de criticidad de los principales componentes del sistema y el índice de prioridad de riesgo (IPR), para establecer acciones correctivas para alargar la vida útil, mejorando las características de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad.

**Descriptores:** Análisis cuantitativo; gasolina; vehículo automotor; mantenimiento; combustible. (Tesauro UNESCO)

### ABSTRACT

The objective of the investigation was to identify the failures in a Chevrolet Grand Vitara vehicle with an injection system. The study was descriptive, characteristics of the injection system were analyzed and levels of criticality were quantified. The results reflected that the gasoline injection system did not comply with adequate maintenance, since excessive contamination outside the range allowed by Ecuadorian regulations was witnessed; In addition, a simulation of the injector was carried out in order to determine its safety factor, a control sheet and a maintenance plan that is optimal for the vehicle, for which in the first instance the characteristics of the system were investigated, the level of criticality of the main components of the system and the risk priority index (IPR), to establish corrective actions to extend the useful life, improving the reliability, maintainability and security characteristics.

**Descriptors:** Quantitative analysis; gasoline; motor vehicle; maintenance; gas. (UNESCO thesaurus)

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

## **INTRODUCCIÓN**

La contaminación del aire por emisiones de gases producidas por automotores es uno de los problemas más críticos a nivel global, es por ello que aparece la necesidad en la búsqueda de nuevas alternativas para dar una solución. La contaminación que es producida por vehículos que cuentan con métodos anticuados para la preparación de la mezcla aire combustible, como es la mala combustión de los motores con sistema de inyección ya que acarrea como consecuencia distintos inconvenientes, entre ellas la pérdida de eficiencia siendo la más importante, el excesivo consumo de combustible, el mal quemado de los gases que desata una considerable emisión de agentes contaminantes. (Aguilar, 2017)

A nivel nacional debido a un aumento en las exigencias de los organismos de control del medio ambiente, para disminuir la emisión de gases tóxicos de los motores de automóviles, nace un sistema que reemplaza el carburador por la inyección electrónica de los motores a gasolina. La evolución que ha alcanzado en los últimos años la mecánica automotriz incorporando elementos electrónicos para controlar componentes mecánicos, crea la necesidad de aprender como son controlados estos vehículos, aprendiendo técnicas que le permitan realizar mantenimiento y reparaciones. Como es conocido todo sistema de inyección electrónica en la actualidad busca controlar entre otras cosas, aspectos como la composición de mezcla aire-combustible, así como el momento de encendido más apropiado para cada condición de trabajo del motor. Un diagnóstico de inyección electrónica se realiza cuando el motor del vehículo funciona de forma irregular, por ejemplo: pérdida de potencia, aumento de consumo de combustible, funcionamiento irregular del motor y otros, este mantenimiento se debe realizar por un técnico mecánico utilizando equipos necesarios para realizar un diagnóstico acertado, estos son: tester eléctrico automotriz, osciloscopio automotriz y scanner automotriz. Se plantea en el presente trabajo otorgar una herramienta para el diagnóstico de fallas del motor a inyección electrónica para su posterior mantenimiento, esto con la ayuda de la inteligencia artificial mediante los Sistemas Expertos. (Blancarte, 2010)

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

La presente investigación pretende proponer una cultura enfocada a la mejora continua mediante el mantenimiento automotriz, debido a que muchos propietarios de vehículos no le dan esa importancia al vehículo de un buen mantenimiento con el simple hecho de poner gasolina suponen que no se debe realizar un chequeo al automóvil, otro factor a considerar es la falta de profesionalismo y capacitación al personal de los talleres automotrices. La finalidad de esta investigación es proponer una serie de mejoras a los parámetros de control de mantenimiento en dichos establecimientos anteriormente mencionados, ya que se puede controlar con mayor precisión y da como resultado un uso más eficiente del combustible y menor cantidad de emisiones, para lo cual es necesario identificar las características de combustión apropiadas y componentes del sistema de inyección en los vehículos en estudio y de esta manera contribuir al aumento de la vida útil y mostrar una proyección del tipo de mantenimiento.

### **Análisis de modos de falla, efectos y criticidad**

El análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) es una metodología que tiene como objetivo identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento a utilizar, ya sea preventiva, predictiva o correctiva. El AMFEC se emplea para la búsqueda y evaluación de escenarios que puedan representar un impacto adverso para la planta de proceso, identificando los escenarios de mayor riesgo y emitiendo acciones tendientes a minimizar los mismos (Mercedes, 2011).

El objetivo del FMECA es tomar decisiones y gestionar e implementar acciones correctivas que permitan eliminar el modo de falla o en su defecto disminuir su porcentaje de afectación para la generación de energía y correcto funcionamiento del motor (Miño, 2015). El AMFEC es un método básico de análisis en el sector automotriz, que puede aplicarse a otros sectores. Es un procedimiento de análisis de fallos en un sistema y clasificación por gravedad, por los efectos o consecuencias de

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

los fallos. Es aplicable a productos y procesos, tanto en la fase de diseño, como de proceso, montaje, comercialización y otras aéreas (Rodríguez, 2012).

El AMFEC es una herramienta de análisis sistemático y de detalle de todos los modos de fallo de los componentes de un sistema, que identifica su efecto sobre el mismo. Así, componente a componente, se analiza cada modo de fallo independientemente y se identifican sus efectos sobre otros componentes del sistema y sobre el sistema en su conjunto (Mulet, Alberola, Chulv, Ramos, & Bovea, 2011).

El AMFEC es la evaluación sistemática más popular del proceso (producto) que nos permite determinar la localización y el mecanismo de fallas potenciales, con el objetivo 5 de prevenir fallas de proceso. El AMFEC se caracteriza por un enfoque de abajo hacia arriba mediante el cual cualquier sistema de producción complejo se descompone en sus partes constituyentes, que se analizan sucesivamente para encontrar todas las posibles causas de falla y sus efectos. El analista construye una tabla con todas las causas de fallo y realiza una evaluación de criticidad para medir el nivel de riesgo de cada falla, en términos de criterios tales como la probabilidad de fallo o la gravedad de la falla misma (Braglia, Frosolini, & Montanari, 2003).

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación es de tipo cuantitativa ya que se analizaron características del sistema de inyección y se cuantificó niveles de criticidad de los componentes, así como índices de prioridad de riesgo antes y después de aplicar acciones correctoras en la matriz de análisis modal de fallos y efectos y aplicadas en el vehículo en estudio.

Se propone identificar características del sistema de inyección en los vehículos Chevrolet Grand Vitara, en base a revisión bibliográfica, las condiciones de mantenimiento que generalmente se tiene en el vehículo de acuerdo a los registros en el taller de mantenimiento de la concesionaria y establecer un mantenimiento acorde a cada componente del sistema de inyección a analizar.

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

La inyección de combustible es el sistema para motores de combustión interna utilizado por la mayoría de los vehículos, consiste en transportar el combustible por medio de la presión generada por la bomba de combustible, desde el tanque hasta los cilindros. Este proceso tiene que suceder en el momento correcto, con la cantidad y presión adecuada. Todos los componentes deben estar en perfecto estado de funcionamiento para lograr el rendimiento y la confiabilidad esperados del vehículo.

Si un inyector no tiene suficiente presión, no inyectará combustible exactamente al mismo tiempo que otros inyectores, dejando el motor sin movimiento uniforme, afectando de manera considerable su rendimiento.

## **RESULTADOS**

El cálculo de la criticidad se realiza a partir de factores estipulados en la tabla 1, este procedimiento consiste en el producto entre la frecuencia y la consideración de las consecuencias, según la cantidad de fallos presentados en los equipos y su posterior relación dentro de la matriz de criticidad. Es importante mencionar que el número de fallas realizadas para este análisis depende del tiempo y costo de la intervención son mayores que el análisis de disponibilidad y costos. (Moreno, 2017)

El análisis modal de fallos y efectos sirve para grupos de trabajo relacionados con instalaciones o procesos de fabricación donde están completamente controlados por el usuario en sus diversos aspectos, esto permite una mejor comprensión de los aspectos importantes con la consecuente aplicación de las necesarias medidas preventivas de control. De esta manera, se facilita la incorporación de una cultura de prevención en la empresa y el descubrimiento de que a través del trabajo en equipo es posible profundizar rápidamente en el conocimiento, mejorar la calidad de mantenimientos, para el cálculo del IPR se necesita multiplicar detectabilidad, gravedad y frecuencia. Cuando tenemos los resultados del Índice de Prioridad de riesgo (IPR) tenemos un nivel de fallo en los cuales se clasifican en ALTO 500-1000,

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

MEDIO 125-499, BAJO 1-124, y por último no existe riesgo de falla que es 0. (Bestraten, 2020)

En la tabla 2 se determinó el estado de los componentes analizados los cuales tenían un índice de probabilidad de fallo alto, luego de aplicar un mantenimiento preventivo presenciamos una mejora en el cálculo del IPR prolongando la vida útil de los componentes del sistema de inyección del Chevrolet gran vitara.

El software utilizado para el proceso de simulación es Altair Inspire 2021, el mismo permite identificar cada variable de configuración que interfiere en el proceso y así realizar los análisis numéricos. Para analizar la resistencia de la pieza, primero se aplica las cargas en la estructura del inyector en los 3 ejes x,y,z, estas fuerzas se aplican en base a su funcionamiento como observamos en la figura 1.

En la figura 2 se demuestra los resultados obtenidos, una vez procesadas las cargas aplicadas en la estructura del inyector. Para terminar con el análisis de nuestra simulación de inyector, se verifican los casos de la carga ilustrados en la figura 3 y los tipos de resultados, en este caso basándose en el esfuerzo de von mises se argumenta que la tensión y la elasticidad más alta es en el puerto de conexión electrónica del inyector.

## DISCUSIÓN

Desde los años 1990 se introdujeron los sistemas de inyección de combustible los mismos que llegaron para reducir los índices de contaminación a nivel global, siendo los mismos que mejorarían el rendimiento y la potencia de los motores de combustión interna y diésel (Centro zaragosa, 2013).

Conociendo que a nivel nacional y basándose en otros artículos de investigación podemos notar que la problemática sería un tema en las propiedades del combustible y las programaciones de la (ECU), que alteran y afectan al sistema y componentes del mismo, por lo cual se realizó esta investigación con el fin de dar solución a los fallos encontrados. Un buen mantenimiento y el uso de un aditivo para repotenciar las

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

propiedades del combustible serian la mejor manera de contrarrestar estos altos índices de gases contaminantes (Luis Urgilés, 2018).

## **CONCLUSIONES**

Finalmente, las causas principales de la contaminación del aire son por las emisiones de gases producidas por los automóviles a combustible, para evitar que los gases contaminantes circulen por el aire y tener un mejor ambiente la solución a la que se llega es elaborar un plan de gestión de mantenimiento del vehículo de casa o transporte público es decir todo vehículo a motor de combustible, para conocer el correcto uso del vehículo y así prevenir la circulación de autos en mal estado.

Se examinó el funcionamiento de todos los componentes del sistema de inyección del automóvil Chevrolet Grand Vitara la cual se identificó las acciones de los elementos y los principios de funcionamiento a través de una matriz de criticidad, se detalló en una tabla de análisis modal de fallos y efectos (AMFE), que explica los daños potenciales de cada componente con las estadísticas evaluativas del 1 al 10 entre la detectabilidad por gravedad y frecuencia esto permite priorizar la necesidad de intervención, así como las acciones correctivas. Por tanto, se calculó todas las causas de fallo  $IPR = D * G * F$ .

## **FINANCIAMIENTO**

No monetario.

## **AGRADECIMIENTO**

A los fiscales penales de los distintos niveles que prestan servicios en el Ministerio Público de Lima Norte.

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

## REFERENCIAS CONSULTADAS

- Aguilar, A. (2017). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (Amfec) del sistema de inyección de un motor de encendido provocado corsa evolution 1.4l empleando herramientas de aprendizaje y clasificación para la programación del mantenimiento. [Analysis of failure modes, effects and criticality (Amfec) of the injection system of a Corsa Evolution 1.4L spark ignition engine using learning and classification tools for maintenance scheduling]. (Proyecto Técnico). <https://n9.cl/pxgmh>
- Bestraten, M. (22 de 4 de 2020). Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. [Failure mode and effects analysis]. *Instituto nacional e higiene del trabajo*. España. <https://n9.cl/mx9u5>
- Blancarte, J. (21 de 12 de 2010). ¿Por qué es mejor el sistema de inyección que el carburador? *Autocosmos*. <https://n9.cl/196iw>
- Braglia, M., Frosolini, M., & Montanari, R. (2003). Fuzzy TOPSIS Approach for Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. Parma.
- Centro zaragosa. (2013). Evolucion de la inyeccion Gasolina. [Gasoline injection evolution ] *Departamento de Mecanica y Electronica*. <https://n9.cl/fzn16>
- Luis Urgilés, J. E. (2018). Análisis de la influencia del combustible ecopaís en emisiones contaminantes y prestaciones de un vehículo Chevrolet Grand Vitara como prototipo en la ciudad de Cuenca. [Analysis of the influence of ecopaís fuel on polluting emissions and performance of a Chevrolet Grand Vitara vehicle as a prototype in the city of Cuenca] (Proyecto Tecnico). <https://n9.cl/7s66j>
- Mercedes, T. D. (2011). Diseño de plan de mantenimiento predictivo para la línea de producción. [Design of predictive maintenance plan for the production line]. Cartajena de Indias.
- Miño, M. (2015). Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM) de un motor de combustión interna Wartsila 18V32LNGD. [Reliability, availability and maintainability (RAM) analysis of a Wartsila 18V32LNGD internal combustion engine]. Riobamba.
- Moreno, F. (2017). Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción x-treme del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 Y SAE JA1012 . [Preparation of a criticality and availability analysis for the x-treme attraction of the world adventure park, taking as reference the standards, SAE JA1011 and SAE JA1012]. <https://n9.cl/bg24l>

**CIENCIAMATRIA**

**Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología**

Año VIII. Vol. VIII. Nro. 4. Edición Especial 4. 2022

Hecho el depósito de ley: FA2021000002

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; Dylan Andrés Constante-Moya; Mario Jeampierre Pazmiño-Navarrete;  
Andrés Sebastián Jarrín-Gutiérrez

Mulet, E., Alberola, C., Chulv, V., Ramos, J., & Bovea, D. (2011). Problemas resueltos de análisis de riesgos en instalaciones industriales. [Solved problems of risk analysis in industrial facilities ].

Rodríguez, J. (2012). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto. [Maintenance of auxiliary systems of the Otto cycle engine.]. Málaga: Antakira

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)