

Sistemas de inyección de combustible de vehículos livianos en el mercado ecuatoriano. Caso de estudio: Marcas japonesas
Fuel injection systems for light vehicles (SI) in the Ecuadorian market. Study case: Japanese brands.

Jaime Antamba Guasgua¹, Guillermo Oña², Vanessa Vallejo³, Danny Peñafiel⁴

¹Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, jaime.antamba@ister.edu.ec, Sangolquí, Ecuador

²Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, guillermo.ona@ister.edu.ec, Sangolquí, Ecuador

³Universidad Oberta de Cataluña, vvallejom@uoc.edu, Cataluña, España

⁴Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, danny.peñafiel@ister.edu.ec, Sangolquí, Ecuador

Autor para correspondencia: jaime.antamba@ister.edu.ec

Fecha de recepción: 2023.09.19

Fecha de aceptación: 2023.11.29

Fecha de publicación: 2024.01.15

RESUMEN

Los motores de combustión interna son una fuente importante de contaminación ambiental y agotamiento de recursos fósiles. Para abordar estos problemas, se han desarrollado diferentes tecnologías como la inyección directa de gasolina (GDI), que reduce las emisiones y mejora la eficiencia del motor. Este trabajo se orientó en el análisis de los tipos de sistemas de inyección de combustible incorporados en los motores de encendido provocado en los vehículos de marcas japonesas que se ofertan en el mercado ecuatoriano durante el año 2023 y los requerimientos de la calidad de combustible. Se empleó el método de carácter tecnológico considerando el enfoque práctico, con dos etapas: recolección bibliográfica y recolección y tratamiento de datos. Las marcas japonesas en el Ecuador son 5, correspondiente al tercer lugar de vehículos según país de origen, con una oferta total de 31 modelos, también, constituye el 25% de vehículos en el parque automotor del Ecuador. La marca Mazda incluye en todos sus modelos sistemas de inyección directa, a la vez requieren combustible Super premium para la operación, en las restantes marcas combinan sistemas de inyección directa e indirecta en los modelos en venta. Este segmento de marcas oferta un 50% de modelos con inyección directa, siendo esta tecnología creciente en los vehículos de origen japones en el mercado ecuatoriano.

Palabras clave: Inyección indirecta, Inyección directa, SkyActiv, Ecuador

ABSTRACT

Internal combustion engines are a major source of environmental pollution and depletion of fossil resources. To address these problems, different technologies such as gasoline direct injection (GDI) have been developed, which reduce emissions and improve engine efficiency. This work is oriented towards the analysis of the types of fuel injection systems incorporated in the spark ignition engines

in Japanese brand vehicles that are offered in the Ecuadorian market during the year 2023 and the fuel quality requirements. The technological method was used considering the practical approach, with two stages: bibliographic collection and data collection and processing. There are 5 Japanese brands in Ecuador, corresponding to the third place in vehicles according to country of origin, with a total offer of 31 models, also constituting 25% of vehicles in Ecuador's automotive fleet. The Mazda brand includes direct injection systems in all its models, at the same time requiring Super premium fuel for operation, in the remaining brands they combine direct and indirect injection systems in the models for sale. This segment of brands offers 50% of models with direct injection, this technology being growing in vehicles of Japanese origin in the Ecuadorian market.

Keywords: Indirect injection (PFI), Direct injection (GDI), Skyactiv, Ecuador

INTRODUCCIÓN

El amplio campo de las aplicaciones de los motores de combustión interna ha provocado graves daños ambientales lo que ha influido en la crisis energética debido al agotamiento del petróleo cuyo origen es fósil (Gong, Si, & Liu, 2021; Yu, y otros, 2022). Para resolver el dilema energético y ambiental, varios sectores a nivel mundial han desarrollado una serie de políticas y regulaciones de emisiones gaseosas para impulsar los controles de emisiones de los motores y las mejoras en la eficiencia térmica. En este caso, se han realizado tecnologías relevantes, como la recirculación de gases de escape, la relación de compresión variable y la inyección dual de combustible (Gong, Si, & Liu, 2021; Gong, y otros, 2022). Los motores de encendido provocado (MEP), ha evolucionado en la forma de inyectar combustible para formar la mezcla aire-combustible y se usan ampliamente para vehículos pequeños o medianos, como camionetas, taxis, SUV. El progreso de las tecnologías implica principalmente cambiar los tipos de motores con sistemas de inyección indirecta de combustible hacia la inyección directa de gasolina (GDI). A diferencia del tipo de inyección indirecta, el motor GDI inyecta combustible directamente en el cilindro del motor, evitando así el proceso de mezcla antes del proceso de admisión y favoreciendo el proceso de carga de admisión del motor. Además, permite trabajar con altas relaciones de compresión y diferentes de modos de combustión avanzada, como la combustión de carga estratificada (He, y otros, 2022; Mi, y otros, 2022; Yu, y otros, 2022). Bajo estas condiciones, se logran bajas emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), elevada potencia y un excelente ahorro de combustible (Yu, y otros, 2022).

En Ecuador, existe un mercado automotriz en constante crecimiento, la adopción de sistemas de inyección electrónica juega un papel esencial en la búsqueda de vehículos más eficientes y

respetuosos con el medio ambiente (Mora & Altamirano, 2022). Acorde a la CINAE (2023), en el mercado ecuatoriano los vehículos de origen japones abarcan un total del 25% de vehículos en circulación a nivel nacional, a la vez, representa un mercado de ventas del 13,7% en el año 2022 (AEADE, 2023).

Normalmente, la gasolina contiene cientos de componentes químicos. Los hidrocarburos presentes en la mezcla de gasolina incluyen alcanos, olefinas, naftenos y aromáticos entre los cuales se cree que los aromáticos desempeñan un papel importante al afectar la combustión del motor y las características de emisión. Estudios elaborados por Mi et al. (2022) determinaron que los aromáticos en la gasolina afectan en gran medida la combustión del motor y las características de emisión, mientras que los aromáticos pesados mostraron mayores efectos que los aromáticos totales (He, y otros, 2022). Existe un registro histórico en el Ecuador, que la calidad de la gasolina tiene valores de azufre elevados que afectan los requerimientos de operación de los vehículos de última tecnología, a la vez se encuentran en concordancia a las normas Euro II y actualmente se encuentra en vigencia las normas Euro VI en la Unión Europea (AEADE, 2023).

Los motores de encendido provocado (MEP), ha evolucionado en la forma de inyectar combustible para formar la mezcla aire-combustible. Acorde al punto de realización de la mezcla, se identifican la inyección indirecta, es decir, la mezcla ocurre en el colector de admisión. Este tipo se subdivide en multipunto y monopunto. También, se identifica el sistema de inyección directa, donde la inyección se realiza al interior de la cámara de combustión. Los sistemas de inyección electrónica multipunto, se subdividen en los siguientes: simultáneos, en este caso, todos los inyectores operan al mismo tiempo; secuenciales, en este caso, el inyector se sincroniza con el orden de encendido del motor; semisecuenciales, en este caso, los inyectores operan en pares, se utiliza en motores con numero par de cilindros (Antamba, 2018; Tulcanaz, Rodríguez, & Álvarez, 2022).

La inyección directa de gasolina (GDI), permite la entrega de combustible en la cámara de combustión, con unas ventajas increíbles, como la reducción de emisiones y un bajo consumo de combustible, como el combustible se inyecta directamente en el cilindro, el tiempo disponible para la formación de la mezcla en el cilindro es muy menor, para ello, el combustible debe inyectarse a alta presión para que se mezcle mejor dentro del cilindro (Alvarez & Callejón, 2022; Bosch, 2016; Zhang, Zhang, & Zhang, 2022).

Este trabajo se orienta en el análisis de los tipos de sistemas de inyección incorporados en los motores de encendido provocado los vehículos de marcas japonesas que se ofertan en el mercado ecuatoriano en el año 2023 y los requerimientos de la calidad de combustible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo utilizó el método de carácter tecnológico considerando el enfoque práctico, por ello, se identificó las marcas japonesas en el Ecuador, los modelos y sistemas de inyección de combustible y los requerimientos de la gasolina para la operación del motor de encendido provocado del vehículo. Las etapas del proceso aplicado en el trabajo son:

- Revisión bibliográfica: Se realizó una revisión bibliográfica basados en textos y artículos científicos de los últimos 6 años sobre sistemas de inyección electrónica.
- Recolección y tratamiento de datos: Se obtuvieron los datos oficiales de los vehículos del mercado ecuatoriano de fuentes gubernamentales (SRI) y fuentes del sector automotriz (AEADE y CINAE), para la cuantificación de las unidades vendidas y en circulación. Para la identificación de los sistemas de inyección y las innovaciones incorporadas y la relación con la calidad de combustible, se recopilaron la información de los distribuidores y comercializadoras de las marcas japonesas en el mercado nacional. Toda la información fue tabulada acorde a los requerimientos de información.

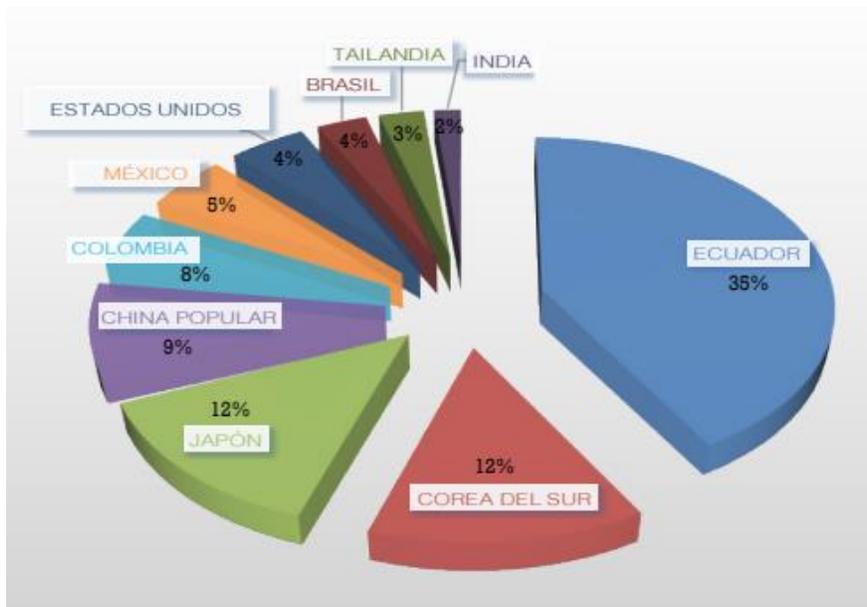
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vehículos en el mercado nacional

a. País de origen

Acorde a la información mostrada por CINAE, para junio 2023, en el mercado ecuatoriano, los vehículos de origen japones corresponden el tercer segmento más grande (327752 unidades) en relación al país de origen, con una mínima diferencia con las de origen coreano (332143 unidades), en la figura 1, se identifica la distribución del origen de los vehículos que circulan a nivel nacional.

Fig. 1. País de origen de fabricación – Ecuador 2023



Fuente: Servicio de Rentas Internas; 2023

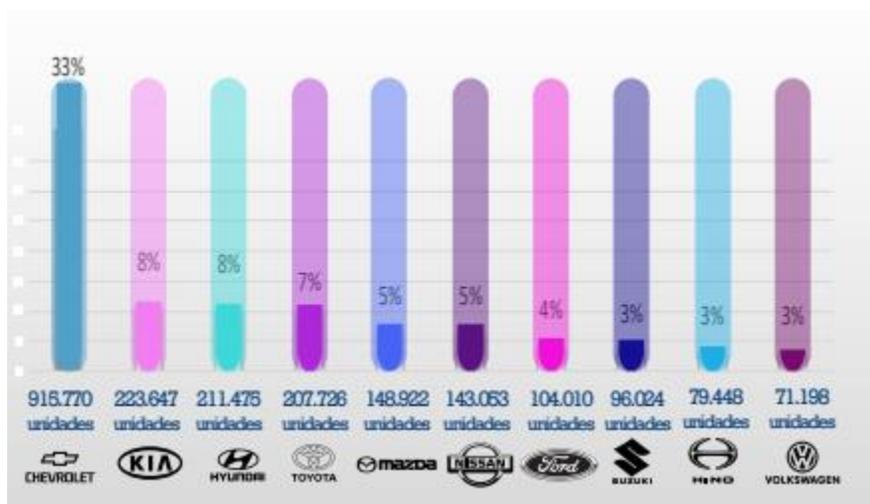
El mayor segmento de vehículos corresponde a los vehículos fabricados localmente con un total de 978087 unidades, ya que entre los años 2010 a 2016, las plantas locales provenían más del 50 % de los vehículos vendidos en el país (AEADE, 2023).

b. Marcas

En julio de 2023, el mercado ecuatoriano de autos nuevos vendió 10909 unidades, lo que representa una disminución de 642 unidades con respecto a julio de 2022. Las marcas como Kia 18,8%, Chevrolet 16,1%, Toyota 6%, Hyundai 5,7%, Chery 5,2%, JAC 3,9%, Renault 3,6%, Suzuki 3,2%, Shineray 3,1%, Jetour 2,9%, Great Wall 2,4%, Mazda 2,2%, DFSK 2,1% y Hino 2,1%, concentran el 77,3% de ventas de autos nuevos en julio de 2023 (CINAE, 2023). Las marcas Toyota y Suzuki se ubican en el top 10 de ventas en este mes.

Las estadísticas de las marcas de vehículos en relación al porcentaje y unidades en el mercado ecuatoriano a junio de 2023, se detalla en la figura 2, se evidencia la presencia de 4 marcas japonesas en top 10 de las marcas de vehículo, destacándose la marca Toyota en el cuarto lugar.

Fig. 2. Marcas de vehículos – Ecuador 2023



Fuente: Servicio de Rentas Internas; 2023

A nivel nacional, las marcas Toyota, Mazda, Nissan, Suzuki corresponden a 207726, 148922, 143053 y 96024 unidades, respectivamente. La suma total equivale al 20 % de participación de las 4 marcas en el mercado nacional de vehículos livianos.

Marcas japonesas y los sistemas de inyección de combustible

a. Identificación de sistemas de inyección de combustible

Cada fabricante tiene una denominación para el sistema de inyección directa, por ejemplo, se tienen los siguientes:

- Mazda: Spark Ignition Direct Injection SIDI - SkyActiv.
- Toyota, Kia, Mitsubishi: Gasoline Direct Injection (GDI).
- Volkswagen, Audi: Fuel Stratified Injection (FSI).
- Ford: EcoBoost Gasoline Direct Injection GDI.
- GM: Ecotec Gasoline Direct Injection (GDI).
- Hyundai: Theta Gasoline Direct Injection (GDI).

b. Toyota

La marca ha logrado aumentar su participación de mercado de ventas dentro del segmento de

vehículos livianos, pasando del 5,8 % en 2018 al 7,3 % en 2022 (AEADE, 2023). En la tabla 1, se muestra el detalle de los vehículos marca Toyota, estos modelos, disponen de sistemas de inyección indirecta, multipunto secuencial. Este fabricante dispone en los motores de sistemas de sincronización variable de válvula inteligente (VVT-i), que permite la variación de la apertura, tiempo y reacción de las válvulas acorde al régimen de giro del motor, para la mejora de la eficiencia del motor.

Tabla 1. Modelos Toyota- Ecuador 2023

| Modelo | Cilindrada | Potencia | Inyección | Tipo |
|--------------------|------------|----------|-----------|------------|
| Yaris | 1.5 | 106 | Indirecta | Multipunto |
| Corolla Híbrido | 1.8 | 117 | Indirecta | Multipunto |
| Raize | 1.2 | 87 | Indirecta | Multipunto |
| Yaris Cross | 1.5 | 114 | Indirecta | Multipunto |
| Rush | 1.5 | 105 | Indirecta | Multipunto |
| RAV-4 | 2.0/2.5 | 170/203 | Indirecta | Multipunto |
| Land Cruiser Prado | 4 | 277 | Indirecta | Multipunto |
| Fortuner | 2.4/4.0 | 163/235 | Indirecta | Multipunto |
| C-HR | 1.8 | 122 | Indirecta | Multipunto |
| Corolla Cross | 1.8 | 122 | Indirecta | Multipunto |

Fuente: (TOYOTA, 2023)

Uno de los vehículos más atractivos de la marca Toyota, corresponde al modelo Corolla Cross, que se identifica en la figura 3, En el año 2023, se dispone de una versión híbrida.

Fig. 3. Toyota Corolla Cross. Modelo 2023



Fuente: (TOYOTA, 2023)

c. Mazda

La marca ha logrado mantenerse invariable en la participación de mercado de ventas dentro del segmento de vehículos livianos en un 2,3 % en los últimos cinco años (AEADE, 2023). Los modelos vendidos por la marca Mazda, de origen japoneses, disponen de la tecnología SKYACTIV-G de inyección directa (patente de fábrica Mazda), combina alta eficiencia y alta relación de compresión de motor para motores atmosféricos, con una relación de 13 a 1. En la tabla 2, se detallan los modelos del mercado nacional.

Tabla 2. Modelos Mazda – Ecuador 2023

| Modelo | Cilindrada | Potencia | Inyección | Tipo |
|-------------|------------|----------|-----------|------------------|
| Mazda 2 | 1.5 | 117 | Directa | SKYACTIV-G |
| Mazda CX-3 | 2 | 156 | Directa | SKYACTIV-G |
| Mazda 3 | 2 | 153 | Directa | e-SKYACTIV G |
| Mazda CX-30 | 2 | 153 | Directa | e-SKYACTIV G |
| Mazda 6 | 2.5 | 188 | Directa | SKYACTIV-G |
| Mazda CX-5 | 2 | 153 | Directa | e-SKYACTIV G |
| Mazda CX-9 | 2.5 | 250 | Directa | SKYACTIV-G Turbo |

Fuente: (MAZDA, 2023)

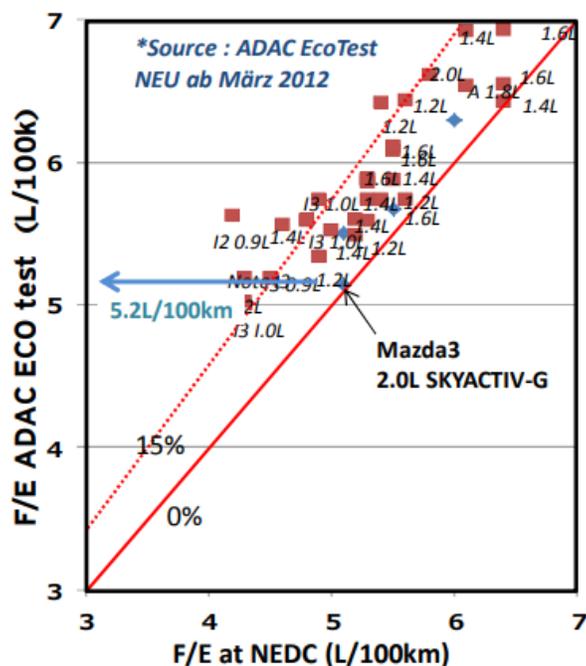
Tecnología SKYACTIVE-G

En los motores SKYACTIVE-G, la relación de compresión aumentó a 14:1 con gasolina super 95 octanos, lo que significa que el motor aprovechará más potencia del combustible debido a la mayor expansión que se produce cuando el combustible se quema, lo que conduce a una mayor eficiencia del combustible y con una alta relación de compresión. la eficiencia térmica del motor aumentará, por ello, Mazda, se propuso una mejora en el consumo de combustible del modo NEDC (Nuevo ciclo de conducción europeo) del 15% y un aumento del 15 % de potencia en comparación a los motores de inyección indirecta (Gong, y otros, 2022). Para los lograr los objetivos propuestos, los parámetros de operación requeridos fueron los siguientes:

- Aumento de la relación de compresión (RC) a 14.
- Prevenir el aumento en la duración de la combustión incluso con un RC alto de 14.
- Reducir la pérdida de bombeo en un 20%
- Reducir la pérdida mecánica en un 30%
- Mejorar la eficiencia en un 10%

En la figura 3, se evidencia la operación del Mazda 3 con tecnología SKYACTIV-G 2.0L, acorde a la EPA de estados Unidos tenía clasificaciones de economía de combustible de 40 mpg (5,88 L/100 km) en carretera y 28 mpg en ciudad (8,4 L/100 km) (Zhang, Zhang, & Zhang, 2022).

Fig. 3. Comparativa de consumo de combustible de Mazda 3 con SkyActiv- G en relación a modelos de inyección indirecta



Fuente: (MAZDA, 2023)

d. Nissan

La marca ha disminuido la participación en el mercado de ventas dentro del segmento de vehículos livianos, pasando del 3,6 % en 2018 al 1,3 % en 2022 (AEADE, 2023). En relación con los modelos de la marca Nissan, se ofertan en el mercado solamente 3 tipos de modelos en tipo sedán y SUV. Los motores de los modelos disponen de sistemas de inyección indirecta multipunto con regulación electrónica. En la tabla 3, se detalla los modelos de la marca Nissan.

Tabla 3. Modelos Nissan en el Ecuador

| Modelo | Cilindrada | Potencia | Inyección | Tipo |
|------------|------------|----------|-----------|-----------------------|
| Qashqai | 1.3 | 147 | Directa | GDI |
| Kicks | 1.6 | 118 | Indirecta | Secuencial Multipunto |
| Pathfinder | 3.5 | 270 | Directa | GDI |
| Frontier | 2.5 | 158 | Indirecta | Secuencial multipunto |

Fuente: (NISSAN, 2023)

En la figura 4, se identifica el Nissan Qashqai, una versión actualizada con sistema de inyección GDI, siendo un requisito el uso de combustible de alto octanaje.

Fig. 4. Nissan Qashqai



Fuente: (NISSAN, 2023)

e. Mitsubishi

En el mercado ecuatoriano, también se encuentra la marca Mitsubishi, representada por el Grupo Morisaenz y Mosumi S.A., quienes distribuyen la marca en el Ecuador. La marca ha aumentado la participación en el mercado de ventas dentro del segmento de vehículos livianos, pasando del 0,3% en 2018 al 1 % en 2022 (AEADE, 2023). La marca dispone 4 modelos con motor MEP. Los modelos disponibles cuentan con sistemas de inyección directa e indirecta. En el caso de los sistemas de inyección indirecta se identifica el tipo de inyección multipunto con control electrónico.

El modelo Outlander dispone del sistema de inyección directa, identificado con las siglas GDI, favorece a la reducción de emisiones contaminantes gaseosas, bajo consumo de combustible y el aumento de potencia y par motor en el vehículo, en la figura 5, se identifica el vehículo.

Fig. 5. Mitsubishi Outlander. Modelo 2023



Fuente: (Grupo MORISAENZ, 2023)

En la tabla 5, se detalla los modelos Mitsubishi, disponibles para el mercado ecuatoriano distribuidos por el grupo Morisaenz.

Tabla 5. Modelos Mitsubishi- Ecuador 2023

| Modelo | Cilindrada | Potencia | Inyección | Tipo |
|---------------|------------|----------|-----------|------------------------------------|
| Eclipse Cross | 2 | 150 | Indirecta | Multipunto con control electrónico |
| ASX | 2 | 150 | Indirecta | Multipunto con control electrónico |
| Outlander | 2.5 | 185 | Directa | ECI GDI |
| Montero Sport | 3 | 219 | Indirecta | Multipunto con control electrónico |

Fuente: (Grupo MORISAENZ, 2023)

f. Suzuki

Desde su incursión en el mercado ecuatoriano en el año 2021, la marca Suzuki ha experimentado un crecimiento significativo en el mercado ecuatoriano. La marca ha aumentado la participación en el mercado de ventas dentro del segmento de vehículos livianos, pasando del 0,6% en 2021 al 1,5 % en 2022 (AEADE, 2023), y sigue su expansión en el año 2023. Este crecimiento se debe a una serie de factores, entre los que destacan, a introducción de nuevos modelos, como el Suzuki S-Cross y el Suzuki Swift Sport. la expansión de la red de concesionarios de la marca y la mejora de la atención al cliente. En la tabla 6, se describen los modelos de la marca de origen japones.

Tabla 6. Modelos Suzuki – Ecuador 2023

| Modelo | Cilindrada | Potencia | Inyección | Tipo |
|--------|------------|----------|-----------|---------------------------|
| Swift | 1,2 | 85 | Indirecta | Multipunto Dualjet Hybrid |

| | | | | |
|---------|-----|-----|-----------|------------|
| Vitara | 1,6 | 115 | Indirecta | Multipunto |
| S-Cross | 1.4 | 138 | Directa | Multipunto |
| Jimmy | 1.5 | 100 | Indirecta | Multipunto |

Fuente: (Suzuki, 2023)

La tecnología japonesa Hybrid consiste en el trabajo en conjunto de dos motores: uno de combustión Dualjet que le da gran potencia con un menor consumo y otro eléctrico llamado ISG que aporta eficiencia en el consumo y cuidado al medioambiente.

g. Calidad de combustible

El mercado nacional, no dispone de una amplia oferta en sistemas de inyección directa, relacionado tanto a los costos de los vehículos como a la calidad del combustible. En el mercado ecuatoriano tiene tres tipos de gasolinas: la Súper Premium; la Extra y Ecopaís, de 85 octanos, y la Eco Plus, de 89 octanos. Los combustibles nacionales superan los límites de contenido de azufre, requeridos por las normas internacionales, lo que dificulta alcanzar las emisiones contaminantes establecidas como la Euro 6, como lo indican los trabajos de Antamba (2018) y Vásquez (2020), estos combustibles muestran un nivel de azufre promedio de 550 ppm en los combustibles tipo Extra y Ecopaís. Acorde Petroecuador (2022), los valores promedio de combustibles reportados en el año 2022, se resume en la tabla 7.

Tabla 7. Calidad de combustible – Nivel azufre

| Tipo combustible | Octanaje | Norma INEN [ppm] | Promedio 2022 [ppm] |
|------------------|----------|---------------------|------------------------|
| Extra | 85 | 650 | 291 |
| Ecopaís | 85 | 650 | 291 |
| Ecoplus | 89 | 650 | 200 |
| Super | 92 | 450 | 150 |
| Super premium | 95 | 300 | 50* |

Fuente: Petroecuador (2022)

Discusión

Cada marca de origen japonés, dispone de diversos sistemas de inyección, estos se acoplan acorde a la evolución tecnológica y generacional de los vehículos. Cada sistema favorece el control de las emisiones contaminantes y la reducción de consumo de combustible acorde a los requerimientos

de las normativas vigentes nacionales o internacionales, tales como la normativa EURO.

Acorde a la información recopilada, la marca Toyota comercializa la mayor cantidad de modelos repartidos en el segmento automóviles y SUV, contabilizando 11 modelos, incluyéndose un modelo híbrido, muchos de estos modelos, son de versión de caja manual y la versión en cajas automáticas tipo CVT. La marca Toyota oferta todos los modelos con sistema de inyección indirecta, la mayor variante en estos modelos son los sistemas de distribución con tecnología VVT-i y VVT-iE.

En relación a la marca Mazda, los vehículos disponen de motores con tecnología SKYACTIV-G y e-SKYACTIV-G, tecnología patentada de la marca, para sistemas de inyección directa, los modelos emplean motores de 2000 y 2500 cc., identificándose 7 modelos disponibles para el mercado ecuatoriano. Las características de estos motores son de alta relación de compresión, bajo consumo de combustible y mejores prestaciones de par motor y potencia.

La marca Nissan comercializa 4 modelos en el mercado nacional, con sistemas de inyección indirecta y directa. Los modelos se ofertan en versión con caja manual o caja automática. Los modelos corresponden al segmento camionetas (1) y al segmento SUV (3). Un aspecto relevante de esta marca, es la venta del vehículo Nissan X-Trail, en una versión híbrida completa. Los equipamientos de los vehículos permiten incorporar gran cantidad de seguridad activa y pasiva.

La marca Mitsubishi comercializa vehículos del segmento SUV, oferta 4 modelos en el mercado nacional, a la vez combina vehículos con sistema inyección indirecta y el modelo Outlander dispone de sistema de inyección directa GDI, existe una diferencia en la tecnología de este modelo vinculado al mercado nacional.

Acorde a los estudios de Yu et al. (2022), Gong et al. (2021) y Payri et al. (2018), el nivel de octanaje del combustible incide en el rendimiento del motor de combustión interna, a la vez, el tipo de mezcla formado en los sistemas de inyección directa requiere un combustible de alto octanaje y reducida cantidad de azufre, ello reduce la formación de hollín y carbonilla en elementos móviles del motor, lo que alarga la vida útil del motor de combustión interna.

CONCLUSIONES

Los fabricantes de vehículos actualizan las tecnologías de los sistemas de inyección de combustible para cumplir las normativas vigentes de emisiones contaminantes gaseosas, logrando mayor potencia y par motor con la incorporación de los sistemas de inyección directa en los motores MEP. Los fabricantes optimizan el funcionamiento del motor MEP, bajo diversas perspectivas, en el caso de Toyota se centra en los sistemas VVT-i, para mejorar las prestaciones del motor, otros fabricantes se enfocan la inyección de combustible, como el caso de Mazda.

La incorporación del sistema de inyección directa favorece la reducción de consumo de combustible, así como, la incorporación de sistemas de combustible de alta presión, para lograr el funcionamiento correcto.

Los vehículos de Nissan, Toyota, Mitsubishi, Suzuki y Mazda, son modelos importados, que cumplen diferentes normativas internacionales ofreciendo prestaciones de eficiencia, niveles de contaminación y seguridad, pero con combustible de alta calidad.

REFERENCIAS

- AEADE. (2023). *Anuario 2022*. Quito: AEADE.
- Alvarez, J., & Callejón, I. (2022). *Máquina térmicos motores*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Antamba, J. (2018). *Diagnóstico de la condición operativa del motor por encendido provocado (MEP), según el tipo de gasolina empleado en las ciudades de Quito y Esmeraldas*. Quito: EPN.
- Bosch. (2016). *Manual de la técnica del automóvil*. España: Reverte.
- CINAE. (2023). *Boletín Parque Automotor 2023*. Quito: CINAE.
- Gong, C., Si, X., & Liu, F. (2021). Combined effects of excess air ratio and EGR rate on combustion and emissions behaviors of a GDI engine with CO₂ as simulated EGR (CO₂) at low load. *Fuel*, 45-65. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120442>
- Gong, H., Huang, W., Gao, Y., Wang, J., Arioka, A., & Sasaki, Y. (2022). End-of-injection fuel dribbling dynamics of multi-hole GDI injector. *Fuel*, 406-416.

- Grupo MORISAENZ. (2023). *Mitsubishi Motors Corporation*. Recuperado el 01 de 02 de 2023, de <https://www.mitsubishi-motors.com.ec/>
- He, Z., Zhang, Y., Yu, L., Liu, G., Zhou, D., Qian, Y., & Lu, X. (2022). Impacts of gasoline fuel components on GDI engine performances: Part 1, influence on gaseous toxic pollutants. *Fuel*, 423-433.
- MAZDA. (2023). *MAZDA*. Recuperado el 02 de 01 de 2023, de <https://www.mazda.com.ec/>
- Mi, S., Zhang, Y., Wu, H., Zhao, W., Lu, X., & Qian, Y. (2022). Effects of research octane number of gasoline and dual direct injection strategies on combustion and emission performance of intelligent charge compression ignition (ICCI) mode. *Fuel Processing Technology*, 508-519.
- Mora, C., & Altamirano, D. (2022). Características de los sistemas de inyección. Una revisión bibliográfica. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 390-403. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3831/8868>
- NISSAN. (2023). *NISSAN*. Recuperado el 01 de 02 de 2022, de <https://www.nissan.com.ec/vehiculos/nuevos-vehiculos.html>
- Payri, R.; Bracho, G.; Gimeno, J.; Bautista, A. (2018). Rate of injection modelling for gasoline direct injectors. *Energy Conversion and Management*, 166, 424-432.
- Suzuki. (2023). *Suzuki Ecuador*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de <https://www.suzukiecuador.com/>
- TOYOTA. (2023). *TOYOTA*. Recuperado el 01 de 03 de 2023, de <https://www.toyota.com.ec/>
- Tulcanaz, K., Rodríguez, J., & Álvarez, E. (2022). Análisis de los sistemas modernos de inyección a gasolina. *Polo del conocimiento*, 7(10), 123-137. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/pc.v7i10.4717>
- Vasconez, P. (2020). *Diagnóstico del Sistema de Inyección a Gasolina [Tesis - Pregrado]*. Quito: Repositorio USFQ. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10028/1/107940.pdf>
- Yu, F., Zhong, Z., Wang, Q., Liao, S., Zhu, M., Liu, J., & Zheng, J. (2022). Characterizing the particle number emissions of light-duty gasoline vehicles under different engine technologies and driving conditions. *Environmental Research*, 213, 113648., 648-658.

Zhang, Y., Zhang, J., & Zhang, L. (2022). A review of automotive electronic systems. . *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 1015-1027.