Revista Multidisciplinaria Unnival

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

Diagnóstico de fallas en sensores electrónicos y su influencia en el rendimiento de motores de combustión interna

Camilo German Ocles Alvarado
msc.camilooclesalvarado@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-7750-8908

Carmen Natividad Morejón Dávila
cnmorejon@uce.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-5155-6892

Eduardo Patricio Tapia Duchitanga
eduardoptapiad@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-7858-9860

Juan Carlos Taco Sopa
taco.carlos78@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-0487-1722

Sebastián Eduardo Molina Suárez
sebased-2-3@hotmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8641-1796

DOI:
https://doi.org/10.66927/unnival.v4i2.107

Información

Recibido:
10/06/2026

Aceptado:
30/06/2026

Palabras clave:
Sensores automotrices; OBD-II; gestión electrónica del motor; eficiencia de

Resumen

El diagnóstico de fallas en sensores electrónicos constituye una etapa esencial del mantenimiento de motores de combustión interna, debido a que la unidad de control electrónico utiliza señales de presión, temperatura, posición, velocidad y composición de gases para calcular estrategias de inyección, encendido y control de emisiones. El objetivo de esta revisión es analizar los mecanismos mediante los cuales las alteraciones de sensores influyen en el rendimiento del motor y sistematizar un procedimiento de diagnóstico técnicamente fundamentado. Se desarrolló una revisión documental narrativa de 38 fuentes —publicaciones científicas, textos de referencia, recursos técnicos de fabricantes, normativa y estándares de diagnóstico a bordo—, con énfasis en la identificación funcional de sensores, las

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

combustible; mantenimiento automotriz.

manifestaciones de sus fallas y las técnicas de comprobación. La síntesis evidencia que una señal defectuosa puede modificar las estimaciones de carga, sincronización o condición térmica y producir pérdida de respuesta, inestabilidad, aumento del consumo y alteraciones de emisiones; no obstante, tales efectos dependen de la arquitectura de control, de los mecanismos de redundancia y de la falla concreta. Se propone una ruta de evaluación que integra entrevistas técnicas, lectura de códigos, análisis de datos en vivo, comprobación eléctrica y validación posterior a la reparación. Se concluye que la interpretación aislada de códigos de falla es insuficiente para atribuir causalidad y que la correlación entre variables, pruebas instrumentales y documentación específica del fabricante mejora la solidez del diagnóstico.

Diagnosis of Electronic Sensor Failures and Their Influence on the Performance of Internal Combustion Engines

Keywords:

Automotive sensors; OBD-II diagnostics; electronic engine management; fuel efficiency; automotive maintenance

Abstract

Diagnosis of electronic sensor faults is a key stage in internal combustion engine maintenance because the electronic control unit relies on pressure, temperature, position, speed, and exhaust-gas signals to calculate injection, ignition, and emissions-control strategies. This narrative technical review aims to examine how sensor malfunctions may affect engine performance and to organize a technically grounded diagnostic workflow. Thirty-eight sources, including scientific publications, reference textbooks, manufacturer technical resources, regulations, and on-board diagnostic standards, were reviewed, focusing on sensor functions, failure manifestations, and verification techniques. The literature-based synthesis indicates that faulty signals may distort load, timing, or thermal-state estimates, potentially leading to reduced responsiveness, unstable operation, higher fuel consumption, and emissions changes. However, their magnitude and occurrence depend on the control architecture, fallback strategies, and the specific fault mechanism. A structured diagnostic workflow is proposed, combining symptom verification, diagnostic trouble codes, live-data correlation, electrical testing, and post-repair validation. The review concludes that isolated trouble codes are insufficient to prove root cause; cross-checking data, physical measurements, and manufacturer-specific information supports more reliable fault isolation.

Revista Multidisciplinaria Unnival

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

Introducción

El rendimiento de un motor de combustión interna no depende exclusivamente de sus componentes mecánicos. En vehículos modernos, el sistema de gestión electrónica establece el tiempo y la cantidad de inyección, la temporización de encendido en motores de chispa y otras actuaciones a partir de señales adquiridas por sensores (Reif, 2015; Ribbens, 2017). Bosch Mobility (s. f.) identifica la masa de aire, presión y velocidad entre las magnitudes fundamentales que alimentan las unidades de control; por consiguiente, la calidad de estos datos condiciona las decisiones del sistema electrónico. La literatura clásica de motores muestra que la relación aire-combustible, el avance de encendido y la temperatura de operación gobiernan simultáneamente la potencia, la eficiencia y la formación de contaminantes (Heywood, 2018), y los esquemas de control actuales se diseñan sobre modelos que dependen de estimar con exactitud esas variables (Guzzella y Onder, 2010).

Los sensores de masa de aire (MAF), presión absoluta del múltiple (MAP), posición del cigüeñal (CKP), posición del árbol de levas (CMP), temperatura del refrigerante (ECT), temperatura del aire de admisión (IAT), oxígeno o relación aire-combustible (O_2/AFR), posición de la mariposa (TPS) y detonación (KS) cumplen funciones complementarias. Fleming (2001) clasificó los sensores automotrices en producción en familias de rotación, presión, posición y temperatura, y advirtió que deben equilibrar exactitud, robustez, intercambiabilidad y bajo costo, con errores combinados típicamente inferiores al 3 % en todo su rango de temperatura y de medición; una revisión posterior documentó nuevas funciones para los sensores de velocidad y sincronización, masa de aire y oxígeno del escape (Fleming, 2008). La alteración de una señal no equivale necesariamente a la rotura del sensor: también puede surgir de la alimentación, la masa, los conectores, el cableado, fugas de admisión o problemas mecánicos que modifican la variable medida (Bosch Auto Parts, s. f.; Denton, 2020).

El incremento de la complejidad de estos sistemas ha impulsado enfoques de diagnóstico basados en modelos y análisis de datos. Los primeros desarrollos aplicaron redundancia

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

analítica, filtros de detección y ecuaciones de paridad para aislar fallas de sensores y actuadores en vehículos de producción (Gertler et al., 1995; Rizzoni y Min, 1991), y las revisiones especializadas han sistematizado desde entonces los métodos basados en modelos, señales y datos para motores y sistemas de postratamiento (Isermann, 2005; Mohammadpour et al., 2012). Aliramezani et al. (2022) describen oportunidades y limitaciones del aprendizaje automático en el modelado y control de motores; Hossain et al. (2024) destacan su utilidad potencial para el diagnóstico de vehículos. No obstante, el análisis de datos requiere señales fiables y comprobaciones de plausibilidad, especialmente cuando una sola avería se expresa mediante diversos códigos o síntomas (Michailidis et al., 2025).

El problema tiene, además, una dimensión local. En Quito, situada a más de 2800 m s. n. m., la menor densidad del aire modifica las condiciones en que la unidad de control estima la carga y ajusta la mezcla. Llanes Cedeño et al. (2018) evaluaron en ruta las emisiones de un vehículo liviano a gasolina en estas condiciones de altura, y Rocha-Hoyos et al. (2018) reportaron, en pruebas estáticas realizadas en la misma ciudad, un factor lambda que fluctuó entre 1,18 y 1,79, lo que interpretaron como un funcionamiento incorrecto del sistema de inyección por empobrecimiento de la mezcla. En el país también se ha explorado la señal del sensor MAP para diagnosticar fallas mecánicas y estimar emisiones mediante redes neuronales (Arias-Montaño et al., 2026; Contreras Urgilés et al., 2019), lo que confirma el interés aplicado del tema para el mantenimiento automotriz en Ecuador.

El objetivo general es analizar la influencia de las fallas en sensores electrónicos sobre el funcionamiento y el rendimiento de motores de combustión interna, y proponer criterios técnicos para diagnosticar sus causas. Específicamente, se busca: caracterizar funciones de sensores relevantes; relacionar modos de falla con efectos operativos; y organizar una secuencia reproducible de verificación sin sustituir las especificaciones particulares del fabricante.

Revista Multidisciplinaria Unnival
Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

Figura 1. Arquitectura funcional simplificada de la gestión electrónica del motor



Nota. Esquema conceptual de señales utilizadas por una ECU/ECM. La presencia y función de cada sensor varían según el vehículo. Elaboración propia a partir de Bosch Mobility (s. f.), Bosch Auto Parts (s. f.), Reif (2015) y Ribbens (2017).

Materiales y Métodos

Diseño y alcance

Se empleó un enfoque cualitativo de revisión documental narrativa y análisis técnico-comparativo. La unidad de análisis fue la relación funcional entre la señal del sensor, la decisión de control electrónico y los síntomas de rendimiento observables. No se realizaron ensayos de banco, mediciones de consumo ni muestreos en talleres; en consecuencia, los resultados presentados constituyen una síntesis de evidencia documental y no estimaciones estadísticas propias.

Fuentes y procedimiento de análisis

Se examinaron 38 fuentes de cinco tipos: (a) textos de referencia sobre motores, control y electrónica automotriz (Denton, 2020; Guzzella y Onder, 2010; Heywood, 2018; Reif, 2015; Ribbens, 2017); (b) artículos revisados por pares sobre sensores automotrices, diagnóstico basado en modelos y reconocimiento de fallas mediante técnicas computacionales; (c) documentación técnica de Bosch relativa a sensores de gestión de motor; (d) el estándar SAE J2012 de definiciones de códigos de diagnóstico y la

normativa OBD II de California y de Estados Unidos (California Air Resources Board [CARB], 2013; U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2025); y (e) estudios ecuatorianos sobre emisiones y diagnóstico en motores de encendido provocado. Se priorizaron fuentes con identificador persistente (DOI) o de edición académica reconocida, y se privilegió información que permitiera describir función, mecanismo de falla, efecto potencial y prueba de confirmación. La revisión es narrativa y no equivale a una revisión sistemática: no se reclama exhaustividad de bases de datos ni evaluación cuantitativa del riesgo de sesgo.

La información se organizó en cuatro categorías: (a) sensores de carga y admisión; (b) sensores de referencia angular y sincronización; (c) sensores de estado térmico y combustión; y (d) sensores asociados al control de mezcla y emisiones. Para cada categoría se construyó una matriz de relación entre el dato esperado, el modo de falla posible, la manifestación técnica y la comprobación recomendada. Los criterios diagnósticos propuestos son generales y deben contrastarse con el manual de servicio correspondiente. La correspondencia entre temas y fuentes de respaldo se resume en la Tabla 3.

Resultados y discusión

Resultados

Funciones críticas de los sensores electrónicos

La síntesis funcional muestra que la ECU integra mediciones que no son intercambiables: MAF estima la cantidad de aire aspirado, MAP informa presión de admisión, CKP proporciona referencia de velocidad y posición, CMP contribuye a identificar la fase del ciclo, ECT e IAT informan el estado térmico, y la sonda O_2/AFR permite retroalimentar el control de mezcla cuando la estrategia lo contempla. Bosch Auto Parts (s. f.) describe estas funciones como componentes del control de rendimiento y emisiones, y los textos técnicos de gestión de motores de gasolina las integran en el control de carga del cilindro, la inyección, el encendido y el diagnóstico (Reif, 2015). En particular, los sensores de oxígeno de zirconia, de tipo dedal o planar, sostienen el control lambda en lazo cerrado y

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

la supervisión del catalizador (Riegel et al., 2002), cuya eficacia de conversión depende de mantener la mezcla en una ventana estrecha alrededor de la estequiometría (Heck y Farrauto, 2001).

Tabla 1. Relación entre sensor, alteración potencial y comprobación diagnóstica

Sensor	Falla o anomalía posible	Efecto potencial sobre el motor	Verificación sugerida
MAF / MAP	Sublectura, sobrelectura, contaminación o fuga externa	Cálculo incorrecto de carga; respuesta irregular y consumo variable	Comparar datos en vivo, plausibilidad con rpm/carga; revisar admisión
CKP / CMP	Pérdida intermitente o señal incoherente	Dificultad de arranque, apagado o sincronía incorrecta	Osciloscopio, correlación de señales y revisión de conexiones
ECT / IAT	Sesgo de medición, circuito abierto o cortocircuito	Estrategias térmicas o enriquecimiento inadecuados	Comparar lectura inicial con temperatura ambiental y especificación
O_2 / AFR	Respuesta lenta, lectura sesgada o falla del calentador	Control de mezcla alterado; variación de emisiones y consumo	Revisar trims, circuitos y pruebas aplicables al tipo de sensor
TPS / pedal	Saltos de señal o pérdida de correlación	Aceleración anómala; estrategias de protección	Verificar progresión y correlación de canales con datos en vivo
KS	Ausencia o falsos	Ajuste conservador	Consultar datos de

	eventos de detonación	del avance; pérdida de respuesta posible	avance, circuito, montaje y prueba del fabricante

Nota. Relaciones técnicas orientativas: no permiten diagnosticar un componente únicamente por el síntoma. Elaboración propia con base en Bosch Auto Parts (s. f.), Reif (2015), Isermann (2017) y Denton (2020).

Evidencia específica por familia de sensores

Sensores de carga y admisión. La admisión es uno de los subsistemas más estudiados en diagnóstico de motores. Nyberg (2002) construyó un sistema de diagnóstico para la admisión de un motor turboalimentado que consideraba distintos tipos de fallas de sensores y fugas, y lo validó en un motor real con ciclos de prueba dinámicos normalizados. Isermann (2017) describe redundancias analíticas para el caudal de aire, por ejemplo su estimación a partir del contenido de oxígeno del escape, que permiten contrastar la lectura del MAF con variables independientes. Capriglione et al. (2003) propusieron un esquema híbrido de redes neuronales y reglas de producción para detectar, aislar y acomodar en línea fallas de instrumentos en motores, es decir, para sustituir temporalmente la señal defectuosa por una estimación. En Ecuador, Arias-Montaño et al. (2026) registraron la señal del sensor MAP a 10 kHz en un motor de 2,0 L y, a partir de espectrogramas procesados con una red neuronal convolucional, estimaron CO, CO_2, HC y O_2 bajo fallas inducidas en inyección, encendido y admisión con errores de predicción inferiores al 1 %.

Sensores de referencia angular. La pérdida o distorsión de la señal CKP afecta directamente la coordinación de inyección y encendido, por lo que su diagnóstico se apoya en la forma de onda y en la correlación con la señal CMP (Denton, 2020; Ribbens, 2017). La normativa OBD II incluye la verificación de la alineación entre árbol de levas y cigüeñal, requisito que la regulación federal estadounidense aplica a los vehículos con distribución variable (CARB, 2013; EPA, 2025); así, la coherencia CKP/CMP es una variable monitorizada y no solo una comprobación de taller. Rizzoni y Min (1991)

demostraron en un vehículo de producción la viabilidad de filtros de detección en tiempo real para aislar fallas de sensores clave del control electrónico del motor.

Sensores de estado térmico. Las señales ECT e IAT condicionan el enriquecimiento en frío, el avance y diversas correcciones de mezcla (Reif, 2015). Su relevancia se amplifica porque la fase de arranque en frío concentra una fracción desproporcionada de las emisiones: con el modelo MOVES de Estados Unidos, Reiter y Kockelman (2016) estimaron que las emisiones excedentes atribuibles a arranques en frío representan, en la mayoría de los casos, entre el 10 % y el 30 % de las emisiones totales de fuentes móviles, y hasta el 80 % para algunas especies contaminantes. Por ello, un sesgo del ECT que prolongue o acorte indebidamente las estrategias de calentamiento puede tener efectos ambientales mayores que los sugeridos por la respuesta del vehículo. La normativa OBD II incluye la monitorización del sistema de enfriamiento del motor y de los componentes de entrada que intervienen en el control de emisiones (CARB, 2013).

Sensores de mezcla y emisiones. La sonda de oxígeno es a la vez entrada del control y objeto de vigilancia: la regulación OBD II dedica secciones específicas a la monitorización de los sensores de gases de escape y del sistema de combustible (CARB, 2013). Una sonda lenta, sesgada o con falla del calefactor puede desplazar la mezcla fuera de la ventana de conversión del catalizador, de modo que el efecto sobre las emisiones puede preceder a cualquier pérdida perceptible de potencia (Heck y Farrauto, 2001; Riegel et al., 2002).

Pedal, mariposa y detonación. En los sistemas de mariposa electrónica, Conatser et al. (2004) modelaron el conjunto y aplicaron una estrategia de paridad para detectar anomalías, complementada con estimación paramétrica para identificar su naturaleza. En cuanto al sensor de detonación, la combustión con detonación limita el rendimiento y la eficiencia térmica de los motores de encendido por chispa y puede causar daños permanentes (Zhen et al., 2012); además, condiciona la durabilidad, el consumo y la densidad de potencia, sobre todo en motores sobrealimentados expuestos a superdetonación (Wang et al., 2017). Por esa razón, la ausencia de señal o los falsos eventos de detonación suelen conducir a un retardo conservador del encendido, coherente

con la pérdida de respuesta indicada en la Tabla 1 (Heywood, 2018).

Mecanismo de influencia sobre el rendimiento

Una falla puede alterar la estimación del estado real del motor antes de afectar el actuador. Por ejemplo, una lectura errónea de aire puede distorsionar la cantidad de combustible calculada; una pérdida de señal de referencia angular puede impedir o perturbar la coordinación de eventos; y una medición térmica incorrecta puede activar estrategias que no corresponden a las condiciones reales. La cadena causal es condicional, pues algunos sistemas sustituyen temporalmente valores de sensor, limitan el par o utilizan cálculos alternativos (Aliramezani et al., 2022; Bosch Mobility, s. f.; Capriglione et al., 2003). Además, cuando la variable afectada opera en lazo cerrado, la acción del controlador puede compensar parcialmente la desviación y enmascarar su efecto, por lo que la detección de fallas en lazo cerrado requiere un tratamiento específico (Isermann, 2017). Los modelos de valor medio empleados en el diseño del control ayudan a razonar estas compensaciones, aunque no sustituyen la medición en el vehículo concreto (Guzzella y Onder, 2010).

Figura 2. Secuencia general de diagnóstico y confirmación



Nota. Flujo de trabajo propuesto por los autores. DTC = código de diagnóstico de falla; freeze frame = registro de condiciones de operación asociado al evento. La reparación debe validarse con pruebas pertinentes.

Las variables de rendimiento que pueden verse comprometidas incluyen estabilidad de ralentí, respuesta transitoria, potencia disponible, eficiencia de combustible, facilidad de

arranque y comportamiento de emisiones (Mohammadpour et al., 2012). Su variación no puede cuantificarse universalmente: depende del motor, combustible, condiciones de operación, control en lazo abierto o cerrado y de la extensión de la avería (Heywood, 2018). Por esa razón, este trabajo no atribuye porcentajes de pérdida de potencia o aumento de consumo sin ensayos específicos.

Figura 3. Cadena conceptual entre defecto de señal y efecto operacional



Nota. Representación explicativa, no medición experimental. Elaboración propia a partir de la relación sensor–control descrita en la literatura (Guzzella y Onder, 2010; Isermann, 2017).

Diagnóstico a bordo, códigos DTC y límites de interpretación

El sistema OBD registra anomalías mediante códigos de diagnóstico (DTC) cuando se cumplen criterios de monitorización. En Estados Unidos, los vehículos de año modelo 2017 y posteriores deben disponer de sistemas OBD que detecten fallas del sistema de control de emisiones, almacenen los códigos correspondientes y alerten al conductor, conforme a los requisitos OBD II de California aprobados en 2013 (EPA, 2025). Dichos requisitos distinguen entre códigos pendientes y confirmados —el código confirmado se almacena, típicamente, en el segundo ciclo de conducción en que se detecta la falla— y asocian a ellos el registro de condiciones de operación o freeze frame (CARB, 2013). SAE International (2025) define un marco estandarizado para los DTC utilizados por los sistemas de diagnóstico a bordo, técnicamente equivalente a ISO 15031-6:2010, y reserva rangos para información específica de fabricantes. Un DTC es evidencia de una condición detectada por el monitor, pero no prueba por sí solo que el sensor nombrado sea la causa

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

raíz: fallas de alimentación, fugas, actuadores o inconsistencias mecánicas pueden generar señales fuera de plausibilidad (Mohammadpour et al., 2012; Nyberg, 2002).

Una lectura responsable comprende la identificación de códigos presentes y pendientes, las condiciones del freeze frame, el comportamiento de parámetros en vivo y la identificación de si el sistema está operando en modo de respaldo. Cuando sea aplicable, debe evaluarse la relación entre sensor sospechoso y otras variables independientes, sin borrar códigos antes de documentar el estado inicial. Los monitores solo se ejecutan cuando se satisfacen sus condiciones de habilitación (CARB, 2013), de modo que la ausencia de códigos no equivale a la ausencia de fallas y la comprobación instrumental sigue siendo necesaria (Denton, 2020).

Tabla 2. Matriz de interpretación diagnóstica orientativa

Hallazgo	Interpretación provisional	Prueba de confirmación
Lectura ECT incongruente con motor frío	Posible sensor sesgado, circuito o cableado	Comparación con temperatura ambiente, resistencia/tensión según manual
MAF inconsistente con régimen y carga	Posible contaminación, restricción, fuga o defecto de medición	Revisión de entrada de aire y datos comparativos
Ausencia intermitente de señal CKP	Posible pérdida de referencia de giro	Captura osciloscópica durante el fallo y comprobación de circuito
Correcciones de combustible elevadas	Desviación de mezcla, sin causa única atribuible	Revisión conjunta de MAF/MAP, fugas, presión de combustible y O_2/AFR
DTC relativo a sensor de oxígeno	Monitor reporta anomalía del circuito o señal	Diferenciar sensor, calefactor, cableado y condición real de mezcla

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

Nota. Las pruebas definitivas, umbrales y procedimientos de seguridad dependen de la documentación de cada sistema. Elaboración propia con base en Denton (2020), Mohammadpour et al. (2012) y Reif (2015).

Innovaciones en diagnóstico basado en datos

Las técnicas recientes combinan múltiples variables, aprendizaje automático y análisis de patrones para identificar fallas individuales y simultáneas. Gao et al. (2015) clasifican los enfoques de diagnóstico en basados en modelos y basados en señales, categorías que en motores se han combinado mediante modelos de señal y de proceso validados experimentalmente (Kimmich et al., 2005). Aliramezani et al. (2022) revisan métodos de aprendizaje automático para diagnóstico y control de motores de combustión interna; Hossain et al. (2024) sintetizan aplicaciones de inteligencia artificial al diagnóstico vehicular; y Michailidis et al. (2025) revisan aplicaciones de aprendizaje automático sobre datos OBD-II. Las fallas múltiples son especialmente exigentes: Hsu et al. (1995) mostraron que los efectos interactivos de fallas simultáneas de sensores y actuadores dificultan su aislamiento, y Wong et al. (2016) propusieron un comité probabilístico de máquinas de aprendizaje extremo que, entrenado solo con patrones de falla única a partir de señales de relación de aire, patrón de encendido y sonido del motor, diagnosticó también fallas simultáneas. Estas soluciones son prometedoras, pero su desempeño fuera de las condiciones de entrenamiento requiere validación para diferentes vehículos, envejecimiento de componentes y condiciones ambientales, limitaciones ya señaladas por Gertler et al. (1995) respecto de los efectos climáticos de largo plazo, el envejecimiento y la variación entre vehículos.

Como criterio práctico, los algoritmos deben complementar y no reemplazar pruebas de circuito, verificación de instalaciones, datos de servicio y razonamiento causal. La fiabilidad de un modelo de detección depende de la representatividad de la base de datos, del etiquetado de fallas, de la calidad de las señales y del riesgo de falsas alarmas. Theissler et al. (2021) observaron que la mayoría de los trabajos de mantenimiento predictivo automotriz se basa en métodos supervisados que requieren datos etiquetados, que la disponibilidad pública de datos impulsaría la investigación y que el aprendizaje

profundo exige métodos interpretables y grandes volúmenes de datos. Michailidis et al. (2025) añaden que el ruido, la latencia o la degradación de los sensores comprometen la calidad de los conjuntos de datos OBD-II. Para comparar algoritmos sin riesgo para el motor, Ng et al. (2020) publicaron un banco de simulación abierto de un motor de encendido por chispa turboalimentado con fallas de sensores, actuadores y variables, operable con ciclos de conducción normalizados.

Tabla 3. Mapa de evidencia: temas, aportes y fuentes de respaldo

Tema	Aporte principal	Fuentes de respaldo
Principios de medición	Tipos, requisitos de exactitud y evolución de los sensores del tren motriz	Bosch Mobility (s. f.); Fleming (2001, 2008); Ribbens (2017)
Gestión y control del motor	Relación entre aire, combustible, encendido, eficiencia y emisiones; control basado en modelos	Guzzella y Onder (2010); Heywood (2018); Reif (2015)
Admisión (MAF/MAP)	Fallas de sensores y fugas, redundancia analítica y uso diagnóstico de la señal MAP	Arias-Montaño et al. (2026); Capriglione et al. (2003); Contreras Urgilés et al. (2019); Isermann (2017); Nyberg (2002)
Sincronización (CKP/CMP)	Forma de onda, coherencia de fase y monitorización normativa	CARB (2013); Denton (2020); EPA (2025); Rizzoni y Min (1991)
Estado térmico (ECT/IAT)	Estrategias de calentamiento y peso de las emisiones en frío	CARB (2013); Reif (2015); Reiter y Kockelman (2016)
Mezcla y emisiones (O_2/AFR)	Control lambda, sensores de zirconia, ventana del catalizador y evidencia en altura	Heck y Farrauto (2001); Llanes Cedeño et al. (2018); Riegel et al. (2002); Rocha-Hoyos et al. (2018)

Revista Multidisciplinaria Unnival

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

Tema	Aporte principal	Fuentes de respaldo
Pedal y mariposa electrónica	Diagnóstico por paridad y estimación paramétrica	Conatser et al. (2004)
Detonación (KS)	Efectos sobre eficiencia, durabilidad y avance	Heywood (2018); Wang et al. (2017); Zhen et al. (2012)
OBD y códigos DTC	Requisitos de monitorización, códigos pendientes y confirmados, estructura de los DTC	CARB (2013); EPA (2025); SAE International (2025)
Diagnóstico basado en modelos	Residuos, ecuaciones de paridad, filtros de detección y fallas múltiples	Gao et al. (2015); Gertler et al. (1995); Hsu et al. (1995); Isermann (2005, 2017); Kimmich et al. (2005); Mohammadpour et al. (2012)
Aprendizaje automático y datos	Fallas simultáneas, mantenimiento predictivo, datos OBD-II y bancos de prueba	Aliramezani et al. (2022); Hossain et al. (2024); Michailidis et al. (2025); Ng et al. (2020); Theissler et al. (2021); Wong et al. (2016)

Nota. Elaboración propia. Las fuentes se listan en orden alfabético dentro de cada fila; las referencias completas figuran al final del artículo.

Discusión

La revisión permite establecer tres niveles de interpretación. En primer lugar, la función de cada sensor dentro del control del motor proporciona una relación mecánico-electrónica plausible entre una anomalía y un síntoma. En segundo lugar, un código o una lectura inusual constituye una observación, no una demostración definitiva de causalidad. En tercer lugar, la evidencia mejora al coincidir una hipótesis funcional, una medición instrumentada, las condiciones operativas y la resolución del síntoma después de una

intervención técnicamente justificada. Esta jerarquía coincide con la distinción, propia del diagnóstico basado en modelos, entre la generación de síntomas mediante comprobaciones de límites o de plausibilidad y el diagnóstico propiamente dicho, que exige relacionar varios síntomas con una causa mediante métodos de clasificación o inferencia (Isermann, 2005).

La integración de OBD, parámetros en vivo y osciloscopio es especialmente pertinente para fallas intermitentes, pues la medición estática puede parecer normal mientras el defecto emerge con temperatura, vibración o carga; de ahí el principio de «probar en lugar de suponer» que orienta los textos de diagnóstico automotriz (Denton, 2020). La literatura sobre diagnóstico por datos amplía estas posibilidades con análisis simultáneo de señales (Wong et al., 2016), aunque no elimina la necesidad de comprobar conexiones físicas y fallos compartidos de alimentación o referencia.

Un segundo hallazgo conceptual es la importancia de distinguir eficiencia energética de desempeño percibido. Una falla puede provocar menor respuesta sin implicar una variación constante de consumo, mientras que una corrección de combustible puede mantener el funcionamiento aceptable en ciertas condiciones y aumentar emisiones o consumo en otras. Cualquier afirmación cuantitativa exige definir ciclo de conducción, tipo de motor, condiciones ambientales, instrumento de medición e incertidumbre. La comparación entre pruebas estáticas y dinámicas de emisiones realizada en Quito (Rocha-Hoyos et al., 2018) y la medición en ruta bajo condiciones de altura (Llanes Cedeño et al., 2018) ilustran cómo el protocolo de ensayo condiciona los resultados observados.

Entre las limitaciones de este artículo se encuentra la naturaleza narrativa de la selección bibliográfica, la inexistencia de mediciones experimentales propias y la variación entre fabricantes. En consecuencia, las tablas y figuras se consideran ayudas conceptuales y no reemplazan diagramas eléctricos, umbrales de referencia ni manuales homologados para un vehículo específico. Asimismo, la evidencia regional identificada en esta revisión sobre fallas de sensores en condiciones de altura es limitada, lo que restringe la transferencia directa de resultados obtenidos a nivel del mar.

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

Propuesta técnica para aplicación en talleres

Se plantea un procedimiento de cinco etapas: 1) registrar queja del conductor, historial, mantenimiento reciente y condiciones de reproducción; 2) obtener DTC, freeze frame y datos pertinentes antes de alterar el estado del sistema; 3) formular hipótesis y correlacionar variables de carga, temperatura, sincronización y corrección de combustible; 4) efectuar pruebas dirigidas de alimentación, masa, continuidad, forma de onda y condiciones mecánicas asociadas; 5) reparar únicamente cuando exista evidencia convergente, repetir la condición de falla y documentar la validación. La seguridad exige seguir procedimientos del fabricante al trabajar con componentes calientes, encendido de alta tensión y partes móviles. Esta secuencia es coherente con los procedimientos de diagnóstico descritos en la literatura técnica (Denton, 2020; Reif, 2015) y con la lógica de códigos pendientes, confirmados y freeze frame establecida por la normativa OBD II (CARB, 2013).

Tabla 4. Registro mínimo recomendado de trazabilidad diagnóstica

Etapa	Información para registrar	Finalidad
Recepción	Síntoma, kilometraje, combustible, condición de aparición	Reproducibilidad
Exploración OBD	DTC, estado, freeze frame, monitores y parámetros	Contexto de la anomalía
Inspección y medición	Cables, conectores, tensión, masa, señal y prueba aplicada	Aislamiento de causa
Intervención	Componente o circuito tratado y fundamento técnico	Trazabilidad de decisión
Validación	Prueba funcional, datos	Confirmación de corrección

	posteriores y persistencia de códigos	

Nota. Instrumento propuesto para documentación de mantenimiento; no representa datos recolectados en talleres.

Alcance y condiciones para la validación empírica

Las relaciones técnico-funcionales recopiladas sirven para orientar el diagnóstico, pero no permiten atribuir una reducción cuantitativa de potencia, un aumento porcentual de consumo o una concentración específica de emisiones a una falla concreta. Para estimar esos efectos es necesario comparar, en un mismo vehículo, estados de referencia y anomalía controlada con equipos calibrados, condiciones operativas equivalentes y documentación de las calibraciones de su unidad de control. Antes de los ensayos físicos, los bancos de simulación abiertos permiten evaluar algoritmos de diagnóstico con fallas inducidas sin riesgo para el motor (Ng et al., 2020); en la fase experimental, la adquisición de señales de alta frecuencia y la medición de emisiones a bordo en ruta, empleadas en estudios ecuatorianos (Arias-Montaño et al., 2026; Llanes Cedeño et al., 2018), ofrecen referentes metodológicos aplicables.

Se recomienda registrar identificación del motor, tecnología de inyección, versión de software de la ECU, códigos y condiciones de activación, parámetros con unidades, trazas osciloscópicas, condición ambiental, intervención realizada y prueba posterior. La especificidad de los síntomas también depende de la arquitectura del vehículo, la estrategia de control y la coexistencia de fallas mecánicas o eléctricas.

Conclusiones

Las señales de sensores electrónicos constituyen entradas fundamentales para la gestión de inyección, encendido, sincronización y estrategias de emisiones. Su pérdida, sesgo o inconsistencia puede afectar la respuesta, estabilidad, consumo y emisiones de un motor, aunque la manifestación final depende del control específico y las condiciones operativas.

No existe una correspondencia unívoca entre un síntoma, un DTC y un sensor defectuoso.

El diagnóstico técnicamente sustentado demanda comparar señales, comprobar el circuito y descartar causas mecánicas o de operación que expliquen las lecturas observadas.

El uso integrado de OBD, registros de condiciones, datos en tiempo real y pruebas dirigidas permite estructurar hipótesis verificables. Las técnicas de inteligencia artificial ofrecen herramientas complementarias para detectar patrones complejos, pero requieren validación y no sustituyen la comprobación física.

La contribución principal del artículo es una matriz aplicable de fallas y comprobaciones y una ruta de diagnóstico trazable. Se recomienda que investigaciones futuras contrasten este marco con ensayos controlados, medición de potencia y consumo, cuantificación de emisiones y comparación antes-después, especificando motor, protocolos, muestra e incertidumbre.

Referencias bibliográficas

Aliramezani, M., Koch, C. R., & Shahbakhti, M. (2022). Modeling, diagnostics, optimization, and control of internal combustion engines via modern machine learning techniques: A review and future directions. *Progress in Energy and Combustion Science, 88*, 100967. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2021.100967

Arias-Montaño, E. I., León-Japa, R. S., García-Jaramillo, P., & Maldonado-Ortega, J. (2026). Estimación de emisiones por fallos en motores Otto mediante redes neuronales convolucionales. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (35), 97–109. https://doi.org/10.17163/ings.n35.2026.07

Bosch Auto Parts. (s. f.). *Engine management sensors*. https://www.boschautoparts.com/g/engine-management-sensors

Bosch Mobility. (s. f.). *Powertrain sensors*. https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/sensors/overview-powertrain-sensors/

California Air Resources Board. (2013). *Malfunction and diagnostic system requirements—2004 and subsequent model-year passenger cars, light-duty trucks, and medium-duty vehicles and engines (OBD II)* (Cal. Code Regs. tit. 13, § 1968.2).

Capriglione, D., Liguori, C., Pianese, C., & Pietrosanto, A. (2003). On-line sensor fault detection, isolation, and accommodation in automotive engines. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 52*(4), 1182–1189. https://doi.org/10.1109/TIM.2003.815994

Conatser, R., Wagner, J., Ganta, S., & Walker, I. (2004). Diagnosis of automotive electronic throttle control systems. *Control Engineering Practice, 12*, 23–30. https://doi.org/10.1016/S0967-0661(02)00281-2

Contreras Urgilés, W., Maldonado Ortega, J., & León Japa, R. (2019). Aplicación de una red neuronal feed-forward backpropagation para el diagnóstico de fallas mecánicas en motores de encendido provocado. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (21), 32–40. https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.03

Denton, T. (2020). *Advanced automotive fault diagnosis: Automotive technology: Vehicle maintenance and repair* (5.ª ed.). Routledge.

Fleming, W. J. (2001). Overview of automotive sensors. *IEEE Sensors Journal, 1*(4), 296–308. https://doi.org/10.1109/7361.983469

Fleming, W. J. (2008). New automotive sensors—A review. *IEEE Sensors Journal, 8*(11), 1900–1921. https://doi.org/10.1109/JSEN.2008.2006452

Gao, Z., Cecati, C., & Ding, S. X. (2015). A survey of fault diagnosis and fault-tolerant techniques—Part I: Fault diagnosis with model-based and signal-based approaches. *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 62*(6), 3757–3767. https://doi.org/10.1109/TIE.2015.2417501

Gertler, J., Costin, M., Fang, X., Kowalczuk, Z., Kunwer, M., & Monajemy, R. (1995). Model based diagnosis for automotive engines—Algorithm development and testing on a production vehicle. *IEEE Transactions on Control Systems Technology, 3*(1), 61–69. https://doi.org/10.1109/87.370711

Guzzella, L., & Onder, C. H. (2010). *Introduction to modeling and control of internal combustion engine systems* (2.ª ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-

Revista Multidisciplinaria Unnival

Volumen 4
Número 2
ISSN: 3073-1224

Heck, R. M., & Farrauto, R. J. (2001). Automobile exhaust catalysts. *Applied Catalysis A: General, 221*(1–2), 443–457. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(01)00818-3

Heywood, J. B. (2018). *Internal combustion engine fundamentals* (2.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Hossain, M. N., Rahman, M. M., & Ramasamy, D. (2024). Artificial intelligence-driven vehicle fault diagnosis to revolutionize automotive maintenance: A review. *Computer Modeling in Engineering & Sciences, 141*(2), 951–996. https://doi.org/10.32604/cmes.2024.056022

Hsu, P.-L., Lin, K.-L., & Shen, L.-C. (1995). Diagnosis of multiple sensor and actuator failures in automotive engines. *IEEE Transactions on Vehicular Technology, 44*(4), 779–789. https://doi.org/10.1109/25.467962

Isermann, R. (2005). Model-based fault-detection and diagnosis—Status and applications. *Annual Reviews in Control, 29*(1), 71–85. https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2004.12.002

Isermann, R. (2017). *Combustion engine diagnosis: Model-based condition monitoring of gasoline and diesel engines and their components*. Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49467-7

Kimmich, F., Schwarte, A., & Isermann, R. (2005). Fault detection for modern Diesel engines using signal- and process model-based methods. *Control Engineering Practice, 13*(2), 189–203. https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2004.03.002

Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Peralta Zurita, D. B., & Leguísamo Milla, J. C. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE, 9*(2), 149–158. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.201

Michailidis, E. T., Panagiotopoulou, A., & Papadakis, A. (2025). A review of OBD-II-based machine learning applications for sustainable, efficient, secure, and safe

vehicle driving. *Sensors, 25*(13), 4057. https://doi.org/10.3390/s25134057

Mohammadpour, J., Franchek, M., & Grigoriadis, K. (2012). A survey on diagnostic methods for automotive engines. *International Journal of Engine Research, 13*(1), 41–64. https://doi.org/10.1177/1468087411422851

Ng, K. Y., Frisk, E., Krysander, M., & Eriksson, L. (2020). A realistic simulation testbed of a turbocharged spark-ignited engine system: A platform for the evaluation of fault diagnosis algorithms and strategies. *IEEE Control Systems Magazine, 40*(2), 56–83. https://doi.org/10.1109/MCS.2019.2961793

Nyberg, M. (2002). Model-based diagnosis of an automotive engine using several types of fault models. *IEEE Transactions on Control Systems Technology, 10*(5), 679–689. https://doi.org/10.1109/TCST.2002.801873

Reif, K. (Ed.). (2015). *Gasoline engine management: Systems and components*. Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03964-6

Reiter, M. S., & Kockelman, K. M. (2016). The problem of cold starts: A closer look at mobile source emissions levels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 43*, 123–132. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.012

Ribbens, W. B. (2017). *Understanding automotive electronics: An engineering perspective* (8.ª ed.). Butterworth-Heinemann.

Riegel, J., Neumann, H., & Wiedenmann, H.-M. (2002). Exhaust gas sensors for automotive emission control. *Solid State Ionics, 152–153*, 783–800. https://doi.org/10.1016/S0167-2738(02)00329-6

Rizzoni, G., & Min, P. S. (1991). Detection of sensor failures in automotive engines. *IEEE Transactions on Vehicular Technology, 40*(2), 487–500. https://doi.org/10.1109/25.289431

Rocha-Hoyos, J. C., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., Torres, G., & Llanes-Cedeño, E. (2018). Análisis de gases del motor de un vehículo a través de pruebas estáticas y dinámicas. *Ciencia UNEMI, 11*(28), 97–108.

https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p

SAE International. (2025). *Diagnostic trouble code definitions* (SAE Standard J2012_202511). https://doi.org/10.4271/J2012_202511

Theissler, A., Pérez-Velázquez, J., Kettelgerdes, M., & Elger, G. (2021). Predictive maintenance enabled by machine learning: Use cases and challenges in the automotive industry. *Reliability Engineering & System Safety, 215*, 107864. https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107864

U.S. Environmental Protection Agency. (2025). *Onboard diagnostics* (40 C.F.R. § 86.1806-17). Electronic Code of Federal Regulations. https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-86/subpart-S/section-86.1806-17

Wang, Z., Liu, H., & Reitz, R. D. (2017). Knocking combustion in spark-ignition engines. *Progress in Energy and Combustion Science, 61*, 78–112. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2017.03.004

Wong, P. K., Zhong, J., Yang, Z., & Vong, C. M. (2016). Sparse Bayesian extreme learning committee machine for engine simultaneous fault diagnosis. *Neurocomputing, 174*, 331–343. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.02.097

Zhen, X., Wang, Y., Xu, S., Zhu, Y., Tao, C., Xu, T., & Song, M. (2012). The engine knock analysis – An overview. *Applied Energy, 92*, 628–636. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.079