



Método neutrosófico para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II

Neutrosophic method to evaluate the CAN network diagnostic methodology of passenger cars equipped with an OBD-II data connection port.

Juan Diego Zurita Vargas ¹, Giovanny Vinicio Pineda Silva ², and Andrés Sebastián Villacrés Quintana ³

¹ Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.juanzv40@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec

³ Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.andresvq05@uniandes.edu.ec

Resumen. En el marco de la evolución tecnológica de la industria automotriz, la integración de sistemas electrónicos avanzados ha derivado en la necesidad de redes de comunicación eficientes y robustas en los vehículos modernos. Por ello, se llevará a cabo una investigación cuyo objetivo es implementar un Método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología para el diagnóstico de la red *Controller Area Network* (CAN) de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. El protocolo CAN se ha consolidado como la solución estándar, ofreciendo comunicación confiable y eficiente entre los múltiples módulos electrónicos de un vehículo. Gracias a su alta velocidad de transmisión de datos, permite un control en tiempo real de los diversos sistemas, facilitando retroalimentación continua entre los módulos y mejorando la capacidad de diagnóstico del sistema. La metodología a evaluar sigue un enfoque sistemático y escalonado que comienza con la identificación de códigos de falla mediante un escáner automotriz, seguido de mediciones de resistencia y tensiones dominantes con un multímetro, y culmina con el análisis de las formas de onda de las señales *CAN High* y *CAN Low* utilizando un osciloscopio automotriz. Este estudio demostrará que el método aplicado es altamente efectivo para la evaluación integral del estado de la red CAN. La combinación de diferentes técnicas de diagnóstico proporcionará un alto grado de confiabilidad en los resultados obtenidos, validando así la robustez del enfoque utilizado y su pertinencia en el contexto actual de la tecnología automotriz.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterio, CAN, comunicación, módulo, resistencia, tensión

Abstract. In the context of the technological evolution of the automotive industry, the integration of advanced electronic systems has led to the need for efficient and robust communication networks in modern vehicles. Therefore, a research will be carried out with the objective of implementing a Multi-Criteria Neutrosophic Method to evaluate the methodology for the diagnosis of the *Controller Area Network* (CAN) of passenger vehicles equipped with an OBD-II data connection port. The CAN protocol has established itself as the standard solution, offering reliable and efficient communication between the multiple electronic modules of a vehicle. Thanks to its high data transmission speed, it allows real-time control of the various systems, facilitating continuous feedback between the modules and improving the diagnostic capacity of the system. The methodology to be evaluated follows a systematic and stepwise approach that begins with the identification of fault codes using an automotive scanner, followed by measurements of resistance and dominant voltages with a multimeter, and culminates with the analysis of the waveforms of the *CAN High* and *CAN Low* signals using an automotive oscilloscope. This study will demonstrate that the applied method is highly effective for the comprehensive assessment of the CAN network status. The combination of different diagnostic techniques will provide a high degree of reliability in the results obtained, thus validating the robustness of the approach used and its relevance in the current context of automotive technology.

Keywords: multicriteria neutrosophic method, CAN, communication, module, resistance, voltage

1 Introducción

Los avances tecnológicos en la industria automotriz han propiciado una integración cada vez más sofisticada de dispositivos electrónicos en los vehículos. Estos componentes son fundamentales para el diagnóstico y control de diversos sistemas del automóvil, contribuyendo significativamente a la optimización de la seguridad, eficiencia y confort del vehículo [1]. La integración de sistemas electrónicos en los vehículos demanda una comunicación robusta entre dispositivos, ya que estos intercambian información crítica para el funcionamiento óptimo del vehículo.

Para abordar la necesidad de una comunicación eficiente y estandarizada sin redundancia en el cableado, se ha implementado el protocolo de comunicación *Controller Area Network* (CAN). Este protocolo, introducido en la década de 1980 por Bosch, ha sido ampliamente adoptado en la industria automotriz debido a su eficiencia y confiabilidad [2]. El protocolo CAN facilita la transmisión de datos entre diferentes módulos electrónicos del vehículo mediante un bus de comunicación compartido, reduciendo significativamente la complejidad del cableado y mejorando la fiabilidad del sistema [3].

Además de su función primaria como bus de comunicación, el protocolo CAN se utiliza para el diagnóstico del funcionamiento de los módulos electrónicos del vehículo. Los diagnósticos se realizan mediante equipos especializados que se conectan al vehículo, permitiendo la lectura de la información transmitida por los módulos y el registro de cualquier anomalía detectada. Esta capacidad es crucial para el mantenimiento y reparación de vehículos modernos, ya que permite la identificación y resolución eficiente de problemas [4].

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) ha establecido el estándar SAE J1939 para la implementación del bus CAN en vehículos de nueva generación. Este estándar proporciona un marco común para la interpretación de los datos transmitidos por los módulos electrónicos, facilitando la interoperabilidad y la estandarización en la industria automotriz [5]. La adopción del estándar SAE J1939 garantiza que los datos críticos del vehículo, como la información del motor y los sistemas de seguridad, se comuniquen de manera precisa y consistente entre los diferentes módulos [6].

Este análisis se centra en la metodología de diagnóstico y comunicación en redes CAN (*Controller Area Network*) dentro de vehículos modernos. Para ello, se explora un estudio de caso específico, enfocándose en el proceso del módulo de control del motor (ECU) para verificar el estado de un vehículo Great Wall H6, llevado a cabo en la ciudad de Ambato.

El conector OBD-II es uno de los extremos del cable adaptador que se conecta al puerto OBD de un vehículo. Funciona como una interfaz de comunicación que permite la transmisión de información entre una herramienta de diagnóstico y el sistema OBD-II del automóvil. Existen dos tipos de conectores OBD-II: los que son con cable y los inalámbricos. El conector con cable debe estar físicamente conectado a la herramienta de escaneo mediante un cable, mientras que los conectores inalámbricos se comunican a través de Bluetooth o WiFi. Este conector está diseñado para leer y traducir información de diagnóstico en tiempo real desde la ECU. Con esto, es posible identificar los problemas del vehículo a partir de los códigos de error que se reciben. Además, facilita el uso de herramientas de escaneo para reprogramar y reparar los diferentes subsistemas del vehículo [7].

Dada la relevancia del tema tratado para la seguridad vehicular, la presente investigación tiene como objetivo implementar un método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. Con la implementación de este método se pretende obtener datos precisos y confiables sobre los parámetros de conexión establecidos por el fabricante. Los resultados obtenidos no solo facilitarán la toma de decisiones informadas para mejorar el diagnóstico de ECUS del vehículo, sino que también proporcionarán un análisis detallado del comportamiento de cada modificación realizada en el sistema de control del motor.

2. Metodología de diagnóstico y comunicación en redes CAN

La metodología para el diagnóstico y análisis de la red CAN en vehículos modernos sigue un enfoque sistemático y escalonado. Este proceso se puede describir en tres fases principales, cada una con un nivel creciente de complejidad y precisión en la detección de anomalías [2]:

Fase 1: La primera fase consiste en la identificación de códigos de falla mediante un escáner automotriz, figura 1. Este método, aunque eficaz para muchos problemas, puede resultar insuficiente en caso de fallos graves en la red de comunicación, ya que el escáner podría ser incapaz de establecer una conexión con los módulos del vehículo [3].



Figura 1. Equipo de diagnóstico Maxicheck.

Fase 2: La segunda fase implica la medición de parámetros eléctricos fundamentales. Utilizando un multímetro, se mide la resistencia de la red y las tensiones dominantes a través del Conector de Enlace de Datos (DLC) del vehículo. Estos datos son cruciales para detectar anomalías en las resistencias terminales de la red o la presencia de cables o módulos defectuosos.

Fase 3: La tercera fase involucra el análisis de la forma de onda de la red CAN. Mediante un osciloscopio automotriz, se obtienen las gráficas de las señales CAN High y CAN Low. Este método proporciona la visualización más detallada y precisa del comportamiento de la red, facilitando la identificación de fallos o funcionamientos anómalos en la comunicación [2,20].

La implementación de la red CAN en vehículos está regulada por una serie de estándares internacionales. La norma ISO 11898-5 especifica la capa física para tasas de transmisión de hasta 1 Mbit/s en sistemas que requieren bajo consumo de energía en estados de inactividad. Esta norma es una extensión de ISO 11898-2, permitiendo la interoperabilidad entre nodos CAN de alta velocidad con y sin funciones de bajo consumo [8].

La transmisión de señales en el bus CAN se realiza a través de dos cables trenzados, denominados CAN High y CAN Low. El bus opera en dos estados: dominante y recesivo. En el estado recesivo, ambos cables mantienen el mismo nivel de tensión, mientras que en el estado dominante se establece una diferencia de tensión de al menos 1.5 V entre CAN High y CAN Low. Esta transmisión diferencial proporciona una robusta protección contra interferencias electromagnéticas [9,21].

Las especificaciones técnicas del bus CAN establecen que la tensión diferencial en modo dominante debe oscilar entre 1.5 y 3V. La flexibilidad en la tensión de modo común permite la interconexión de nodos que operan a diferentes niveles de tensión, incluso en presencia de diferencias de potencial entre sus respectivas tierras [9].

La topología física de la red CAN requiere que los nodos estén interconectados mediante un par de cables trenzados con una impedancia característica de 120 ohmios. Esta configuración no solo facilita la transmisión de señales de alta velocidad, sino que también refuerza la protección contra interferencias electromagnéticas externas [10,22].

Esta metodología estructurada y los estándares técnicos asociados proporcionan un marco robusto para el diagnóstico, análisis y mantenimiento de las redes CAN en vehículos modernos, asegurando la fiabilidad y eficiencia de los sistemas de comunicación automotriz.

Para poder acceder a la red multiplexada y la información de los distintos módulos, se requiere de un puerto. En el caso de un vehículo es el puerto OBD 2, para el Haval H6 el cual es objeto de este análisis, posee seis pines habilitados:

- Pin 4 y 5: Masa
- Pin 6: CAN High
- Pin 7: ECU ABS (pin 17), ECU EPS (pin 6), ECU motor (pin 71)
- Pin 14: CAN Low
- Pin 16: Alimentación

Los módulos que se encuentran conectados a la red CAN son los siguientes: Panel de instrumentos, BCM, ESP, ECU del radar, Sensor de rotación, ECU del airbag, ajuste de, altura de faros, aire acondicionado, ECU del motor, Controlador PEPS, y encendido sin llave.

En este estudio se pretende evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II a partir de la implementación de un método neutrosófico multicriterio. Luego, se realizará una implementación práctica de la metodología para correlacionar ambos resultados.

3 Diseño del método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología de diagnóstico de la

red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II

Actividad 1: Identificación los indicadores de evaluación

Representa el conjunto de criterios que se evalúan sobre el uso, utilidad y eficacia de la metodología de diagnóstico de la red CAN. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$$C = \{c_1, \dots, c_n\}, \quad n \geq 2, \text{ indicadores que representan los criterios evaluativos.}$$

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios evaluativos

En esta actividad se determinan los vectores de pesos asociados a los criterios. Representa un parámetro para el proceso de inferencia [11]. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots, e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios evaluativos.

Actividad 3: Evaluación de los criterios

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [12, 13, 23] que constituye un método multicriterio. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j r_{ij} \quad (1)$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios [14]. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i . Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio [15]. Se asigna un peso W_j ($j = 1, n$) también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j .

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [16]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [13, 17]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [18, 24]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}^n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \quad (2)$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R, W, r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} r_{ij(T,I,F)} \quad (3)$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) .
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio j asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) .
- r_{ij} : representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) .

4 Resultados y discusión

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del Método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN. Se realizará en vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II.

Actividad 1: Identificación los criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN

Para la identificación de criterios que evalúen la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II, se consultó a un panel de expertos altamente calificados en el ámbito de la automoción y la electrónica automotriz. Este panel está compuesto por ingenieros en sistemas automotrices, técnicos de diagnóstico con experiencia en redes de comunicación de vehículos, y académicos especializados en metodologías de diagnóstico y evaluación de sistemas electrónicos. Cada experto aporta un conjunto diverso de conocimientos y experiencias que permiten abordar la complejidad del diagnóstico de fallas en la red CAN, asegurando así la validez y relevancia de los criterios que se establecerán para evaluar la eficacia, utilidad y calidad de la metodología. La combinación de perspectivas prácticas y teóricas de estos profesionales garantizará una evaluación integral y fundamentada. La tabla 1 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto OBD-II.

No	Criterio
C_1	Eficiencia en la identificación de fallas: Capacidad de la metodología para identificar rápidamente códigos de falla y problemas en la red CAN.
C_2	Precisión del diagnóstico: Grado de exactitud en la localización de fallas específicas a partir de los códigos de error proporcionados.
C_3	Amplitud de aplicación: Versatilidad en la aplicación de la metodología a diferentes modelos y marcas de vehículos.
C_4	Facilidad de uso: Grado de complejidad en la operatividad de las herramientas de diagnóstico requeridas.
C_5	Calidad de los parámetros medidos: Fiabilidad y exactitud de las mediciones eléctricas realizadas durante la Fase 2.
C_6	Profundidad del análisis: Capacidad del análisis de forma de onda para detectar problemas que no son evidentes en las fases anteriores.
C_7	Conformidad con normativas: Alineación de la metodología con los estándares internacionales, como la norma ISO 11898-5.
C_8	Capacidad de detección de anomalías ocultas: Efectividad en la identificación de fallas no evidentes que podrían pasar desapercibidas.
C_9	Reactividad en casos críticos: Habilidad para adaptarse y proporcionar diagnósticos efectivos en situaciones de fallo grave en la red.
C_{10}	Reporte: Calidad y claridad de la documentación generada durante el diagnóstico.
C_{11}	Interoperabilidad de herramientas: Capacidad de la metodología para integrarse con diferentes herramientas de diagnóstico existentes.
C_{12}	Durabilidad de las soluciones propuestas: Eficacia de las soluciones recomendadas para prevenir la recurrencia de fallas.
C_{13}	Costo-beneficio: Análisis de la relación entre los costos de implementación y los beneficios obtenidos.
C_{14}	Entrenamiento necesario: Cantidad y tipo de formación requerida para que los técnicos utilicen eficazmente la metodología.
C_{15}	Impacto en el tiempo de diagnóstico: Evaluación de si la metodología reduce el tiempo necesario para el diagnóstico en comparación con métodos tradicionales.
C_{16}	Adaptabilidad a mejoras tecnológicas: Flexibilidad de la metodología para incorporar nuevas tecnologías y técnicas de diagnóstico.
C_{17}	Rigor técnico: Fundamentación teórica y práctica de los métodos utilizados, asegurando una base sólida en la ciencia de datos.
C_{18}	Satisfacción del usuario final: Evaluación de la percepción y satisfacción de los técnicos y mecánicos respecto a los resultados y efectividad de la metodología.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios evaluativos

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La tabla 3 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.

Tabla 3: Pesos asociados a los criterios evaluativos.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(0.70,0.25,0.30)
C_2	(0.8,0,15,0.20)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.70,0.25,0.30)
C_5	(1,0,0)
C_6	(0.8,0,15,0.20)
C_7	(0.9, 0.1, 0.1)
C_8	(1,0,0)
C_9	(0.8,0,15,0.20)
C_{10}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.70,0.25,0.30)
C_{12}	(0.8,0,15,0.20)
C_{13}	(0.70,0.25,0.30)
C_{14}	(1,0,0)
C_{15}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{16}	(0.8,0,15,0.20)
C_{17}	(0.70,0.25,0.30)
C_{18}	(0.8,0,15,0.20)

Actividad 3: Evaluación de los criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S , $v_{kj} \in S$, donde; $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Tabla para determinar las preferencias sobre los criterios evaluativos.

Criterios evaluativos	Valor Neutrosófico
C_1	(1,0,0)
C_2	(1,0,0)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(1,0,0)

Criterios evaluativos	Valor Neutrosófico
C_6	(1,0,0)
C_7	(0.70,0.25,0.30)
C_8	(0.9, 0.1, 0.1)
C_9	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{10}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{12}	(1,0,0)
C_{13}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{14}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{15}	(0.70,0.25,0.30)
C_{16}	(1,0,0)
C_{17}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{18}	(1,0,0)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. La tabla 5 muestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Inferencia
C_1	(1,0,0)	(0.70,0.25,0.30)	(0.85,0.15,0.20)
C_2	(1,0,0)	(0.8,0.15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70,0.25,0.30)	(0.8,0.15,0.20)
C_5	(1,0,0)	(1,0,0)	(1,0,0)
C_6	(1,0,0)	(0.8,0.15,0.20)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_7	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0.15,0.20)
C_8	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_9	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0.15,0.20)	(0.85,0.15,0.20)
C_{10}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{12}	(1,0,0)	(0.8,0.15,0.20)	(0.85,0.15,0.20)
C_{13}	(1,0,0)	(0.70,0.25,0.30)	(0.85,0.15,0.20)
C_{14}	(1,0,0)	(1,0,0)	(1,0,0)
C_{15}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{16}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0.15,0.20)	(0.85,0.15,0.20)
C_{17}	(1,0,0)	(0.70,0.25,0.30)	(0.85,0.15,0.20)
C_{18}	(1,0,0)	(0.8,0.15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)
Inferencia RYGB			(0.91, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida, se concluye que la evaluación de la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II, es Muy Bueno, con un índice de 0.913.

Para correlacionar este resultado, se implementó la metodología de diagnóstico de la red CAN, en un vehículo de turismo Haval H6, equipado con un puerto de conexión de datos OBD-II. El protocolo OBDII permite detectar fallas y transmitir las al usuario mediante códigos de falla. En este caso se arrojó 4 códigos de error, como se ve en la figura 2, en un módulo sin embargo ninguno tiene relación con el correcto funcionamiento de la red CAN.

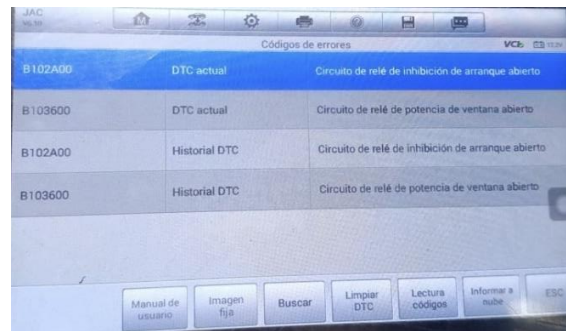


Figura 2. Escaneo Automotriz.

Al realizar el segundo paso de la metodología expuesta se midió la resistencia de la red CAN entre los pines 14 y 6, obteniendo un valor de $58,4 \Omega$. Al detectar una resistencia coherente con los manuales del fabricante se procede a realizar una medición de voltaje tanto, se seleccionó el rango y la función necesarios, y se observó que la tensión del CAN *high* es de $2,56V$, y el CAN *low* presenta una señal con un voltaje de $2,4 V$. Por lo tanto existe una diferencia de tensión de $0,16V$, y entre los dos suman un total de $4,96V$, lo cual está dentro del rango normal de operación.

Como último proceso se conecta el osciloscopio en el conector OBD-II. Se emplean dos canales cuyo terminal positivo se conecta a los pines 6 y 14, mientras que se conecta una masa común a lo pines 4 o 5. Debido a que el vehículo posee varios sistemas activos a pesar de estar apagado, se perciben dos curvas, uno de alta velocidad y otro de baja; ambas señales son un reflejo recíproco. La sumatoria de las tensiones máximas de ambos debe ser de aproximadamente $5V$.

La señal transmitida por los módulos varía dependiendo de la posición de la llave de encendido. Cuando el vehículo está apagado, la señal es corta y de menor frecuencia, debido a que los únicos módulos activos, son los encargados de la alarma y sistemas auxiliares y de confort del vehículo. En esta prueba fue evidente la variación de la señal, siendo la parte de menor frecuencia y más datos, la señal con el vehículo en contacto, mientras que la de mayor frecuencia y menos datos es la del vehículo en reposo total. Los resultados mostraron a muestra a $2V$ por división, por lo que las tensiones de la señal son las siguientes:

CAN *High*: $2,5-3,75V$

CAN *Low*: $1,25-2,5V$

Para poder comprobar que existe una variación de la señal dependiendo de las acciones que se toman dentro del vehículo. Se analizó la señal CAN con el vehículo en estado de reposo total con las luces encendidas, obteniendo la gráfica de la figura 3.

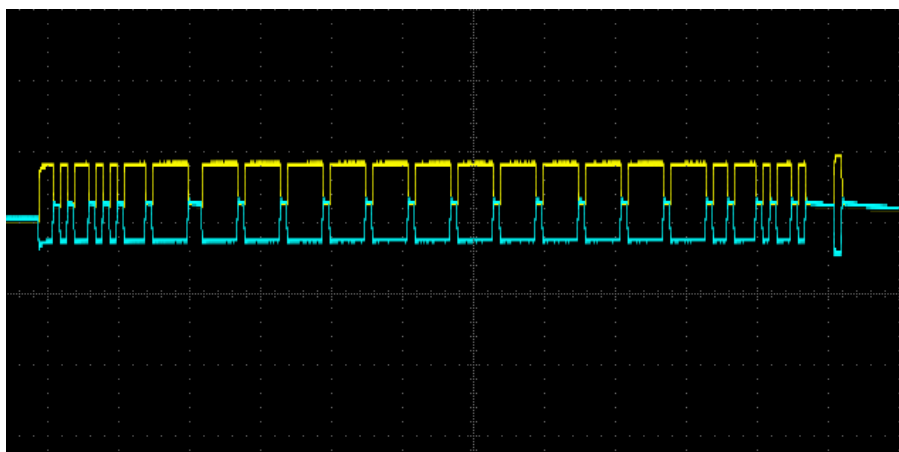


Figura 3. Señal luces encendidas.

De igual manera se realizó una medición con el vehículo en reposo total y con las luces apagadas, obteniendo la señal de la figura 4.

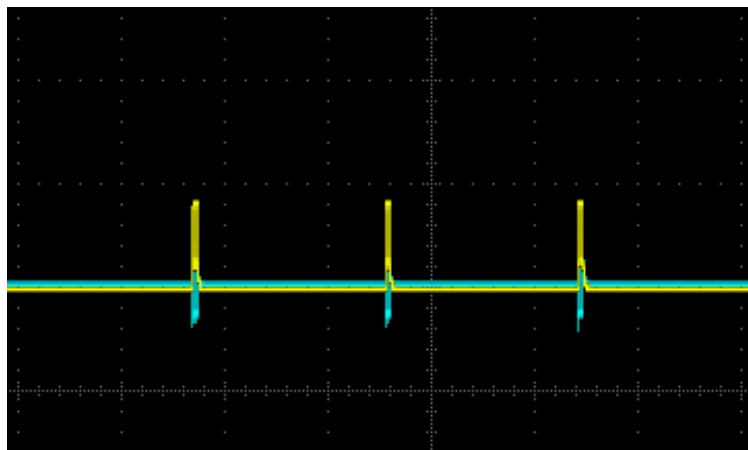


Figura 4. Señal vehículo en reposo.

Es evidente que existe una variación en la distancia de cada trama de datos. Esto demuestra que la red CAN está transmitiendo de forma correcta los mensajes correspondientes al control de intensidad de las luces. La escala de tiempo es de 5ms por división, por lo que se puede observar que con las luces apagadas, el espacio entre la primera y segunda trama de datos es de 10ms mientras que entre la segunda y tercera es de 9ms. Cuando se encienden las luces medias, este tiempo de espera entre tramas es distinto, siendo entre la primera y segunda un tiempo de 2 ms y entre la segunda y tercera es de 7ms. Con el osciloscopio se pudo obtener la velocidad de transmisión de datos, al medir la frecuencia del bit de datos más pequeño. La velocidad de transmisión de datos de la red CAN del vehículo es de 526,3 kbps.

La implementación práctica de la metodología de diagnóstico de la red CAN en el vehículo Haval H6 ha demostrado una sólida correlación con los resultados obtenidos del método neutrosófico, que evaluó dicha metodología como Muy Buena. Durante la aplicación del protocolo OBD II, se registraron cuatro códigos de error, aunque ninguno relacionado con el correcto funcionamiento de la red CAN, lo que resalta la necesidad de un análisis más profundo del sistema. En la segunda fase, las mediciones eléctricas revelaron una resistencia de 58,4 Ω , lo cual está conforme con los estándares del fabricante, y se obtuvieron tensiones de operación dentro del rango normal (CAN High a 2,56 V y CAN Low a 2,4 V). En la fase final, el osciloscopio proporcionó una visualización precisa de las señales de la red, demostrando que las variaciones en la señal coinciden con las diferentes condiciones operativas del vehículo, como el encendido de las luces. Este análisis culminó con una velocidad de transmisión de datos de 526,3 kbps, corroborando la estabilidad y funcionalidad de la red CAN. Estos resultados prácticos validan las conclusiones teóricas del método neutrosófico, evidenciando la eficacia y calidad de la metodología en contextos reales de diagnóstico automotriz. Así, la sólida relación entre los hallazgos del método neutrosófico y las mediciones prácticas refuerza la utilidad de esta metodología como herramienta de evaluación en el diagnóstico de redes CAN.

5 Discusión

La medición de la velocidad de transmisión de datos reveló un valor aproximado de 526,3 kbps. Este hallazgo es consistente con la literatura científica reciente. En [10] se establece que las redes CAN en automóviles típicamente operan en un rango de velocidades que oscila entre 250 kbps y 500 kbps, variando en función de la prioridad asignada a los diferentes mensajes transmitidos.

La velocidad observada en este estudio se encuentra ligeramente por encima del límite superior de este rango, lo cual podría indicar una implementación de alta eficiencia o requisitos específicos de comunicación en este modelo de vehículo; en cuanto a la integridad física de la red, se realizó una medición de resistencia a través del puerto OBD-II, en [10] se señala que, en una red CAN correctamente configurada, esta medición debería arrojar un valor de 60 Ω . Este valor esperado se deriva de la configuración estándar de la red, que incluye dos resistencias terminales de 120 Ω cada una, conectadas en paralelo en los extremos del bus CAN. La medición obtenida en el vehículo estudiado fue de 58,4 Ω , lo cual se encuentra notablemente cerca del valor teórico ideal.

Las mediciones con multímetro arrojaron valores de tensión de 2,56 V para CAN High y 2,4 V para CAN Low, con una suma total de 4,96 V. Estos resultados se alinean estrechamente con los parámetros establecidos en la literatura científica. En [10] se postula que las tensiones de CAN High y CAN Low deben aproximarse a 2,5 V individualmente, y que la suma de ambas debe ser 5 V, con una tolerancia de $\pm 0,5$ V. La desviación observada de solo 0,04 V respecto al valor ideal de 5 V se encuentra bien dentro del rango de tolerancia aceptable, lo cual sugiere un estado óptimo de la red CAN.

El análisis oscilográfico proporcionó una visión más dinámica de las señales. Se observó que la señal CAN High opera en un rango de tensión de 2,5 V a 3,75 V, mientras que la señal CAN Low fluctúa entre 1,25 V y 2,5 V. Estos rangos de operación se comparan favorablemente con los valores de referencia citados en la literatura,

que establecen rangos normales de 2,5 V a 3,5 V para CAN High y de 1,5 V a 2,5 V para CAN Low, con una tolerancia de $\pm 0,5$ V [10].

Al realizar la prueba de impedancia en el puerto OBDII con el vehículo apagado se obtiene el valor de 58,4 ohmios. En [19] se menciona que la impedancia entre los pines 6 y 14 de la red can debe ser un valor de 60 ohmios. De tener un valor superior, significa que algún modulo conectado a la red se encuentra con un problema o en circuito abierto. Otra prueba realizada en la red CAN es la tensión tanto con el osciloscopio y el multímetro automotriz dando los valores en CAN High de 2.56V y en CAN Low de 2.4V dando una suma total de 4.96V. Acorde a la investigación de [19], la tensión en CAN High debe ser de 2.56 V y en CAN Low de 2.35 V, sumando un total de 4.91 V, mencionando así que el vehículo no presenta daños en la red CAN del vehículo. [26]

6 Conclusión

La metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II empleada en este estudio, que combina el uso de un escáner automotriz, mediciones con multímetro y análisis oscilográfico, fue evaluada como Muy Buena para la evaluación integral del estado de la red CAN en el vehículo Great Wall Haval H6. Esta aproximación escalonada y multifacética permitió no solo confirmar la ausencia de códigos de falla, sino también verificar los parámetros eléctricos críticos y visualizar directamente las señales de comunicación. La convergencia de estos diferentes métodos de diagnóstico proporciona un alto grado de confiabilidad en los resultados obtenidos, validando así la robustez de la metodología aplicada.

Basado en el análisis el sistema de red *Controller Area Network* (CAN) convencional, opera a una velocidad de transmisión de datos de 526,3 kbps. Esta red interconecta una amplia gama de módulos críticos, incluyendo el Control Electrónico de Estabilidad (ESP), el Módulo de Control de la Carrocería (BCM), el tablero de instrumentos, la Unidad de Control Electrónico (ECU) del radar, el sensor de rotación, la ECU del airbag, el sistema de ajuste de altura de faros, el control de aire acondicionado, la ECU del motor, el sistema multimedia MP5 y el controlador de encendido sin llave.

La topología de la red CAN en este vehículo se confirma como de tipo bus, una configuración que optimiza la eficiencia en la transmisión de datos. Las mediciones de las tensiones dominantes en los cables de la red arrojan valores de 2.56 V para CAN High y 2.4 V para CAN Low, que se encuentran dentro de los parámetros establecidos para una red en óptimas condiciones de funcionamiento.

Las ventajas inherentes de la arquitectura CAN se manifiestan claramente en este vehículo. La eficiencia en la transmisión de datos, la robustez frente a interferencias electromagnéticas, y la capacidad de interconectar múltiples módulos con un mínimo de cableado contribuyen significativamente a la optimización del peso del vehículo y a la fiabilidad del sistema eléctrico/electrónico en su conjunto.

Referencias

- [1] K. Scott, "The importance of automotive diagnostics in the search of excellence." pp. 27-30.
- [2] Y. Cherdo, B. Miramond, A. Pegatoquet, and A. Vallauri, "Unsupervised anomaly detection for cars CAN sensors time series using small recurrent and convolutional neural networks," *Sensors*, vol. 23, no. 11, pp. 5013, 2023.
- [3] M. Bozdal, M. Samie, S. Aslam, and I. Jennions, "Evaluation of can bus security challenges," *Sensors*, vol. 20, no. 8, pp. 2364, 2020.
- [4] R. Bostelman, and W. Shackelford, "Improved performance of an automated guided vehicle by using a smart diagnostics tool." pp. 1688-1693.
- [5] M. D. Hossain, H. Inoue, H. Ochiai, D. Fall, and Y. Kadobayashi, "LSTM-based intrusion detection system for in-vehicle can bus communications," *Ieee Access*, vol. 8, pp. 185489-185502, 2020.
- [6] Z. Sun, Z. Wang, P. Liu, Z. Qin, Y. Chen, Y. Han, P. Wang, and P. Bauer, "An online data-driven fault diagnosis and thermal runaway early warning for electric vehicle batteries," *IEEE transactions on power electronics*, vol. 37, no. 10, pp. 12636-12646, 2022.
- [7] K. Khorsravina, M. K. Hassan, R. Z. A. Rahman, and S. A. R. Al-Haddad, "Integrated OBD-II and mobile application for electric vehicle (EV) monitoring system." pp. 202-206.
- [8] ISO, "ISO 11898-5:2007. <https://www.iso.org/standard/41284.html>," 2017.
- [9] J. Velásquez-Aguilar, F. Aquino-Roblero, M. Limón-Mendoza, L. Cisneros-Villalobos, and A. Zamudio-Lara, "Multi-channel data acquisition and wireless communication FPGA-based system, to real-time remote monitoring." pp. 181-186.
- [10] M. O.-J. C.-P. Urgilés, "Diagnóstico de problemas en la Red CAN de una bomba VP 44 y la Unidad de Control de un motor 4JH1," 2021.
- [11] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

Juan D. Zurita V, Giovanni V. Pineda S, Andrés S. Villacrés Q. Método neutrosófico para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II

- [12] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.
- [13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.
- [14] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.
- [15] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional*, vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.
- [16] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
- [17] F. Smarandache, "Neutrosophia y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.
- [18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosophia: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre: Infinite Study*, 2018.
- [19] T. Robertson, *Network diagnostic flow chart-how to troubleshoot vehicle level CAN communication and CAN diagnostic issues on Nissan and Infinity vehicles*, 0148-7191, SAE Technical Paper, 2014.
- [20] Vázquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2024.
- [21] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". *El patrimonio y su perspectiva turística*, pp. 409-423, 2024.
- [22] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
- [23] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". *Neutrosophic Sets and Systems*, vol 66, pp 136-145, 2024
- [24] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In *Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies*", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.
- [25] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, vol. 19, num 2, 2024
- [26] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In *Anales de la Real Academia de Doctores*. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 18, 2025. Aceptado: marzo 08, 2025