

# Técnicas para medir la compresión relativa de un motor de combustión interna V6 2700 CC

*Techniques for measuring the relative compression of a 2700 CC internal combustion engine.*

 Lizbeth Aracely Soria Villacís: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Tecnóloga Superior en Electromecánica Automotriz, <https://orcid.org/0009-0005-8232-6614>

 Klever Armando Tumbaco Casa: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Sistemas Automotrices, <https://orcid.org/0000-0003-4955-3856>

 Diego Andrés Calero Torres: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Energías Renovables, <https://orcid.org/0000-0003-4754-4251>

Autor de correspondencia: [aritas1217@gmail.com](mailto:aritas1217@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.64424/rcu41202552>

Recibido: 28 agosto 2024

Publicado: 12 marzo 2025

## Resumen:

Este estudio tiene como objetivo establecer teóricamente el método utilizado para medir la compresión relativa de un cilindro en un Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, con la intención de validar su aplicabilidad en otros vehículos. El método se fundamenta en estudios sobre amplitud de onda; así como, los campos eléctricos y magnéticos. La validación se realiza a través de un diagrama de flujo que integra métodos electromecánicos, de presión y mecánicos para el diagnóstico eléctrico. La norma UNE-EN 61010-2-032:1996 establece los requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medición, control y uso en laboratorio, siendo aplicable a este estudio. Las mediciones iniciales, obtenidas con el osciloscopio, indican los consumos de corriente más altos, los cuales se utilizan para evaluar las condiciones internas del motor. La correlación entre las mediciones de corriente y la compresión relativa mejora la fiabilidad del diagnóstico. En este caso, se registraron 34 A de consumo para los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6, mientras que el cilindro nº 3 mostró un consumo de 0 A. Al medir la compresión, tras desmontar un cuarto del motor, se obtuvo una compresión de 130 PSI en los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6; mientras que, el cilindro nº 3 presentó 0 PSI, sugiriendo anomalías mecánicas como la ruptura de la banda de distribución, que podría afectar componentes críticos del motor.

*Palabras claves:* Mediciones de corriente, correlación, métodos electromecánicos, condiciones internas, control.

## Abstract:

*This study aims to establish theoretically the method used to measure the relative compression of a cylinder in a Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, with the intention of validating its applicability in other vehicles. The method is based on wave amplitude studies; as well as, electric and magnetic fields. The validation is performed through a flow chart that integrates electromechanical, pressure and mechanical methods for electrical diagnosis. The UNE-EN 61010-2-032:1996 standard establishes the safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use, and is applicable to this study. The initial measurements, obtained with the oscilloscope, indicate the highest current consumptions, which are used to evaluate the internal conditions of the motor. Correlation between current measurements and relative compression improves diagnostic reliability. In this case, 34 A of consumption was recorded for cylinders 1, 2, 4, 5 and 6, while cylinder #3 showed 0 A consumption. When measuring compression, after disassembling a quarter of the engine, a compression of 130 PSI was obtained for cylinders 1, 2, 4, 5 and 6; while, cylinder #3 showed 0 PSI, suggesting mechanical anomalies such as timing belt breakage, which could affect critical engine components.*

*Keywords:* Current measurements, correlation, electromechanical methods, internal conditions, control.



## Introducción

El propósito de este estudio es establecer, de manera teórica, el método empleado para cuantificar la compresión relativa en un vehículo Hyundai Tucson V6 / 2700CC del año 2007, con el objetivo de confirmar su aplicabilidad y permitir su uso en otros vehículos. El parámetro de compresión relativa facilita la comparación de la presión producida en los cilindros de un motor durante la etapa de compresión, evitando la necesidad de desmontar componentes. Desde un enfoque teórico-práctico, este procedimiento es esencial para la evaluación de motores, ya que permite detectar fluctuaciones anómalas entre los cilindros, lo cual podría señalar el deterioro de los anillos de pistón, fallos en las válvulas o problemas internos. Estas irregularidades impactan negativamente en el desempeño del motor, incrementan el consumo de combustible y podrían causar daños más graves si no se identifican a tiempo (Lomas, 2018).

Históricamente, el análisis de la compresión en los pistones de un motor se lleva a cabo mediante ensayos directos que requieren el uso de dispositivos de compresión. Este método implica la extracción de los inyectores o bujías para colocar un manómetro en cualquier cilindro y registrar la presión durante el proceso de compresión. Aunque ofrece medidas exactas de la presión absoluta en los cilindros, es un proceso invasivo que requiere tiempo y aumenta la probabilidad de errores debido a la manipulación de los componentes del motor (Heywood, J. B., 1988).

Por otro lado, existen enfoques alternativos que permiten medir la compresión de manera indirecta y menos invasiva. Un ejemplo de esto es el método que evalúa la deceleración del cigüeñal durante la fase de compresión. Este enfoque se basa en las fluctuaciones de la rapidez angular del cigüeñal: cuando un cilindro presenta una compresión reducida, ofrece menos resistencia, lo que se traduce en una desaceleración menor del cigüeñal en comparación con los cilindros con compresión normal. Aunque este método es más rápido y menos invasivo, su precisión puede ser inferior a la de los métodos directos (Contreras et al., 2018).

Es importante destacar que, aunque las pruebas de compresión relativa son útiles para detectar desbalances entre los cilindros, no proporcionan datos de presión absoluta. Por lo tanto, si se detecta una irregularidad, se recomienda realizar una prueba de compresión directa con un instrumento específico para registrar mediciones y determinar la causa del problema (Martínez & Quishpi, 2021).

El método para medir la compresión relativa de un cilindro se basa en un estudio teórico sobre la amplitud de onda y los campos eléctrico y magnético. La operación de un motor de combustión interna y la relevancia de la compresión en su desempeño son cruciales para entender cómo se relacionan la producción de corriente y la presión de compresión. Es fundamental identificar el punto crítico en el que una reducción en la compresión da lugar a una variación cuantificable de la corriente, con el fin de confirmar la correlación entre ambos procesos (Paéz, 2024).

Los instrumentos que miden la corriente producida por el mecanismo de arranque a través del ciclo de compresión brindan información vinculada con la presión en los cilindros del motor (Kumar et al., 2019). La premisa de esta técnica radica en la relación entre la corriente del sistema de encendido y la presión de compresión; una mayor corriente generalmente indica una mejor compresión. Este método resulta especialmente útil en motores donde el acceso para emplear los métodos tradicionales de medición es limitado o cuando se busca una solución más rápida y menos invasiva (Contreras et al., 2018).

Este modelo fue seleccionado debido a que sufrió una ruptura de la banda de distribución, tras lo cual se reemplazó el kit de distribución. Al encenderse el motor, se diagnosticó pérdida de potencia y un leve cascabeleo en el motor, imperceptible debido a su configuración V6. Además, al no ser un modelo actualizado, presenta problemas mecánicos asociados al período de uso y a las condiciones operativas. Estos antecedentes lo convierten en un caso ideal para evaluar la compresión relativa del motor, dado el difícil acceso a las bujías y la necesidad de examinar su rendimiento bajo condiciones rigurosas y habituales.

En esta investigación, se examinan las técnicas y consideraciones para medir la compresión relativa en un Hyundai Tucson V6 utilizando pinzas amperimétricas CC-650 AC-CD y un osciloscopio automotriz MICSIG de 100MHz / 4 canales. Estos equipos proporcionarán una alternativa electrónica para diagnosticar la compresión en los cilindros del motor de combustión interna.

La evaluación de la compresión relativa en motores de combustión interna es esencial para determinar la condición mecánica y la eficacia operativa del motor. Este indicador, basado en la correlación entre la presión obtenida en el cilindro durante el ciclo de compresión y un valor de referencia, representa un índice crucial del rendimiento del motor (Dustmurodovna, 2024). La capacidad del motor para comprimir la mezcla de aire y combustible se conoce como compresión relativa, y este factor es vital, ya que una compresión adecuada asegura una combustión eficaz, lo que resulta en un rendimiento óptimo del motor y una mayor economía de combustible (Lomas, 2018).

Los métodos convencionales para cuantificar la compresión del motor implican el uso de manómetros, dispositivos diseñados para identificar la presión máxima alcanzada en el cilindro durante la fase de compresión. Este procedimiento requiere desmontar las bujías, colocar el dispositivo apropiado, y luego encender o hacer girar el motor para documentar la presión máxima en cada cilindro (Bocos, 2017; Contreras Urgiles et al., 2018).

El funcionamiento de una pinza amperimétrica se basa en la inducción electromagnética, como lo establece la Ley de Faraday, que explica que una alteración en el flujo magnético de un conductor induce una corriente eléctrica (Sámano, 2020). La pinza cuenta con un convertidor de voltaje o un sensor de efecto Hall, dependiendo de si la corriente es alterna (CA) o continua (CC). El núcleo de la pinza crea un circuito magnético alrededor del conductor, absorbiendo el campo magnético generado por el flujo de corriente. Este principio permite medir el consumo de energía de un motor y establecer una correlación con la compresión relativa del motor. Además, señala que una corriente eléctrica que fluye a través de un conductor genera un campo magnético alrededor de este (Quelal & Peña, 2023), el cual puede ser detectado por el dispositivo sin interrumpir el flujo de corriente en el circuito.

El proceso de medición utilizando pinzas amperimétricas implica calcular la corriente eléctrica que el motor de arranque consume durante el giro del motor, concentrándose en el intervalo de flexibilidad de los cilindros durante la compresión. Esto facilita la identificación indirecta de posibles variaciones en la compresión. La relación se basa en la Ley de Ohm ( $V=IR$ ) y la Ley de la Potencia ( $P=VI$ ), que detallan la correlación entre la resistencia mecánica del motor y su demanda de electricidad. Al inicio, el motor eléctrico debe superar la resistencia de compresión presente en cada cilindro, lo que provoca un aumento en la corriente requerida. Si un cilindro presenta una compresión reducida, se disminuye la resistencia interna del motor, lo que reduce la corriente necesaria para rotar el cigüeñal (Periago & Bohigas, 2024).

Investigaciones en diagnóstico de vehículos han demostrado que los motores con fallos en los cilindros o desgaste de los anillos de pistón presentan una disminución en la alimentación de arranque, en comparación con los motores en óptimas condiciones. La evaluación de esta corriente mediante pinzas amperimétricas facilita la identificación de irregularidades en la compresión de forma rápida y sin afectar directamente el motor. Estudios realizados en bancos de prueba han corroborado que existe una conexión entre la compresión y el consumo de energía, validando este procedimiento como un instrumento eficaz para diagnósticos tempranos (Periago & Bohigas, 2024).

El uso de pinzas amperimétricas para evaluar la compresión en motores de combustión interna no tiene un origen claramente documentado en la industria automotriz. Sin embargo, el amperímetro ha sido utilizado en sectores como el eléctrico y el mantenimiento de maquinaria para monitorear el consumo de corriente en diversos dispositivos. Su aplicación en diagnóstico automotriz avanzado responde a la necesidad de contar con un método no invasivo que permita estimar la compresión en los cilindros, especialmente en vehículos con difícil acceso a las bujías, donde el método tradicional no es viable, permitiendo un diagnóstico más efectivo. (Periago & Bohigas, 2024).

Este procedimiento se realiza conforme a ciertos estándares que regulan las pruebas de compresión en motores, entre ellos, las normativas SAE J1995 y SAE J2723, que establecen parámetros para evaluar el desempeño de motores de combustión interna y diagnosticar posibles fallas. Sin embargo, debido a la falta de una normativa específica para la medición de compresión mediante pinzas amperimétricas, se propone el siguiente protocolo basado en principios eléctricos y mecánicos:

- **Instrumentación:** Se utiliza una pinza amperimétrica de alta sensibilidad, capaz de registrar la corriente del motor de arranque en intervalos de milisegundos.
- **Preparación del vehículo:** Se desconecta el sistema de inyección y encendido para evitar el arranque del motor.
- **Conexión de la pinza amperimétrica:** Se coloca la pinza alrededor del cable de alimentación del motor de arranque.
- **Activación del motor de arranque:** Se acciona la llave de encendido para permitir que el motor de arranque gire el cigüeñal sin encender el motor.
- **Registro de la señal:** Se capturan los valores de corriente en un osciloscopio para su posterior análisis.
- **Análisis de datos:** Se comparan los picos de corriente en cada ciclo de compresión con valores de referencia para identificar posibles irregularidades.

En cuanto a la relación entre el método amperimétrico y el método tradicional con manómetros, ambos tienen como objetivo medir la compresión en los cilindros. El método convencional, a través del compresímetro, proporciona una medición directa de la presión en cada cilindro, mientras que la pinza amperimétrica registra el consumo de corriente del motor de arranque, lo que permite obtener una estimación indirecta de la compresión. La principal ventaja del método amperimétrico es su rapidez y su carácter no invasivo, aunque su precisión es menor en comparación con el compresímetro. (Cahueñas et. al. 2018) Para mejorar la precisión de la medición amperimétrica, es fundamental calibrar los valores de referencia según el tipo de motor y tomar en cuenta factores como la temperatura y el estado del sistema eléctrico.

## Metodología

Este estudio se desarrolla mediante la teorización de amplitud de onda, así como de los campos eléctricos y magnéticos; por lo tanto, se propone una metodología cualitativa para entender la compresión relativa de un cilindro en un Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, con la intención de validar su aplicabilidad en otros vehículos. El levantamiento del corpus se desarrolla con la Preparación del motor, Calibración de equipos y Medición de corriente.

### Preparación del Motor

**Revisión Preliminar:** Antes de comenzar la medición, es vital llevar a cabo un examen minucioso del motor. Esto abarca la revisión de elementos perceptibles y la comprobación del estado global del motor. Es necesario verificar que el motor se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento, sin fugas perceptibles o deterioros que puedan influir en los efectos dados por la medición (Cisneros & Viteri, 2018).

**Desconexión del Sistema de Encendido:** Para garantizar la seguridad durante la prueba, se desconecta el sistema de encendido del vehículo. Principalmente se desconecta el socket de la bobina DIS, que es la que permite que esta se accione botando chispa para el encendido del motor (Silva et al., 2018).

### Instrumentación y Preparación para la Medición

**Selección de Pinzas Amperimétricas y osciloscopio:** El modelo CC-650 AC-CD de Hantek es la pinza amperimétrica elegida, una herramienta útil en el ámbito de la medición eléctrica y electrónica, sobresaliendo por su habilidad para evaluar CC - AC. Su diseño sólido y exacto convierten esta pinza en una alternativa segura para usos de tratamiento y pruebas en dispositivos electrónicos y eléctricos. Aquí están sus especificaciones clave:

### Medición de Corriente:

- Las pinzas amperimétricas permiten medir tanto corriente continua (CC) como corriente alterna (AC), lo que las hace útiles para la mayoría de los equipos electrónicos y eléctricos (Fluke Corporation, 2025).
- Estas pinzas tienen un rango de medición que generalmente llega hasta los 600 A, lo que las hace aptas para pruebas tanto en dispositivos pequeños como en sistemas más grandes (Agilent Technologies, 2024).
- Algunas pinzas amperimétricas, como el modelo CC-650, también pueden medir voltaje tanto en corriente alterna (AC) como en corriente continua (DC), lo que las convierte en una herramienta versátil para medir la tensión de manera precisa en diferentes tipos de circuitos (Fluke Corporation, 2025).
- Las pinzas amperimétricas suelen contar con pantallas LCD que permiten visualizar las mediciones de manera clara. Algunos modelos permiten almacenar los datos para revisarlos más tarde, lo que resulta útil para el análisis a largo plazo (Keysight Technologies, 2024).
- El diseño compacto y ergonómico de estas pinzas permite su uso en espacios reducidos, mientras que su construcción robusta asegura una alta durabilidad, incluso en condiciones de trabajo exigentes (Agilent Technologies, 2024).
- En cuanto a precisión, el modelo CC-650 está diseñado para ofrecer una alta exactitud con un error mínimo en las mediciones, y muchas pinzas incluyen protección contra sobrecargas para garantizar la seguridad del usuario durante el proceso de medición (Fluke Corporation, 2025).

El osciloscopio digital MICSIG de 100 MHz y 4 canales es una herramienta fundamental para el diagnóstico electrónico en vehículos modernos, especialmente en pruebas no invasivas como la medición de compresión relativa por medio de corriente de arranque. Su capacidad para visualizar señales en tiempo real facilita el análisis de la variación de corriente durante el ciclo de compresión, permitiendo correlacionar el esfuerzo del motor de arranque con posibles pérdidas de compresión en los cilindros (Gómez et al., 2021).

Entre sus características técnicas más relevantes se encuentra su ancho de banda de 100 MHz, que permite registrar frecuencias elevadas, adecuadas para captar señales rápidas provenientes de sensores automotrices. Su diseño de 4 canales facilita la conexión simultánea a distintos componentes, como bobinas, inyectores y sensores de admisión, lo que en este estudio permite correlacionar la señal de corriente con el orden de encendido. Además, la frecuencia de muestreo de hasta 1 GS/s asegura una alta resolución temporal, útil para identificar diferencias mínimas en la señal de arranque entre cilindros con distinta compresión (Dustmurodovna, 2024).

Su pantalla LCD de alta resolución mejora la interpretación visual de las ondas, mientras que sus herramientas integradas de medición automática y captura de datos permiten registrar, comparar y almacenar eventos críticos durante la prueba. La disponibilidad de **entradas aisladas** refuerza la seguridad en la conexión directa con sistemas eléctricos automotrices, asegurando la integridad del equipo y del operador (Denton, 2016).

**Calibración de los equipos de diagnóstico:** Previo a efectuar mediciones, es esencial establecer la calibración de elementos como la pinza amperimétrica y el osciloscopio para garantizar la precisión de los datos recolectados. Los ajustes de estos instrumentos se llevan a cabo para que las curvas sean visibles para su interpretación. La demanda de amperios de un motor de arranque depende de varios factores, tales como la clase de motor, la condición del sistema eléctrico y las circunstancias del entorno. Para un vehículo automotor, el consumo de corriente durante el arranque suele estar en el rango de 30 a 50 A en motores a gasolina. (Moncayo, 2019). Este consumo es momentáneo y ocurre durante el encendido del motor, generalmente en pocos segundos (Denton, 2016; Murrell et al., 2023).

La validación del método se daría a cabo cumpliendo un diagrama de flujo, el mismo que considera métodos electrónicos, métodos de presión y mecánico que fueron usadas para validar la técnica de diagnóstico electrónico.

El criterio dado por el fabricante, para las calibraciones se fundamenta en asegurar mediciones exactas de los aspectos eléctricos en mecanismos de diagnóstico de automóviles. Los productores de pinzas amperimétricas definen normas específicas de calibración para asegurar mediciones exactas en diagnósticos automáticos. Estos criterios contemplan exactitud de las mediciones, tolerancia y frecuencia de calibración recomendada, reduciendo el error en la medición de la corriente, y una frecuencia de calibración sugerida cada 12 meses o tras un uso intensivo. La calibración debe llevarse a cabo en condiciones controladas del entorno para prevenir fluctuaciones en la temperatura y la humedad. Se emplean modelos de referencia certificados, tales como resistencias exactas o fuentes de corriente ajustadas, para confirmar la linealidad del aparato y la compensación térmica. Además, se llevan a cabo pruebas de aislamiento eléctrico y de respuesta dinámica para asegurar mediciones rápidas de corriente y sin interrupciones (Zumba & Peña, 2023).

Frecuentemente, las normas empleadas comprenden estándares internacionales como los definidos por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), que garantizan la compatibilidad, seguridad y precisión de los dispositivos. La normativa aplicable es la Norma Española UNE-EN 61010-2-032:1996, la cual hace referencia a los “Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 2-032: Requisitos particulares para pinzas amperimétricas sostenidas con la mano para medidas y ensayos eléctricos” (Asociación Española, 2019).

Los parámetros son: precisión, rango de medición, frecuencia de operación, condiciones ambientales, aislamiento eléctrico, repuesta dinámica y deriva térmica. A continuación, se describe de cada uno:

- 1. Precisión:** Indica el grado de exactitud con el que el dispositivo mide una variable en comparación con el valor verdadero o estándar. Una mayor precisión significa menor error en las mediciones.
- 2. Rango de medición:** Es el intervalo de valores que el dispositivo puede medir correctamente. Por ejemplo, el rango de medición de corriente de una pinza amperimétrica podría ser de 0-600 A. Este rango puede variar según el modelo y el tipo de medición (AC o DC).
- 3. Frecuencia de operación:** Se refiere a la capacidad del dispositivo para medir señales a diferentes frecuencias. Esto es importante, especialmente cuando se mide corriente alterna (AC), ya que las señales de corriente pueden tener frecuencias que varían desde unos pocos hertzios hasta frecuencias más altas.
- 4. Condiciones ambientales:** Son los factores externos que pueden influir en el rendimiento del dispositivo, como la temperatura, humedad y altitud. Los dispositivos de medición deben funcionar correctamente dentro de un rango específico de condiciones ambientales.
- 5. Aislamiento eléctrico:** Es la capacidad del dispositivo para evitar el paso de corriente eléctrica no deseada que pueda comprometer la seguridad del usuario o la integridad del equipo. El aislamiento adecuado protege al usuario de posibles descargas eléctricas.
- 6. Respuesta dinámica:** Es la capacidad del dispositivo para seguir y medir señales que cambian rápidamente. Un dispositivo con una buena respuesta dinámica puede capturar correctamente eventos rápidos o transitorios en las señales.
- 7. Deriva térmica:** Se refiere a los cambios en la medición debido a variaciones de temperatura. A medida que la temperatura ambiente cambia, algunos dispositivos pueden sufrir una variación en sus mediciones, lo que se conoce como deriva térmica. Los dispositivos de calidad suelen tener una compensación o corrección para minimizar este efecto. (Asociación Española, 2019).

Debido al dato citado anteriormente se decide calibrar el canal 1 a 50mV que transformado a amperios es 20 A por división, con lo que se asegura una buena visualización de la curva.

Los detalles específicos de las calibraciones realizadas se presentan en la Tabla 1 a continuación. Además, el canal 2 se calibra a 500mV/div para poder apreciar el pulso del inyector, tomando en cuenta que el voltaje pico de los inyectores puede llegar a más de 100v.

**Tabla 1**

*Calibración de los equipos de diagnóstico*

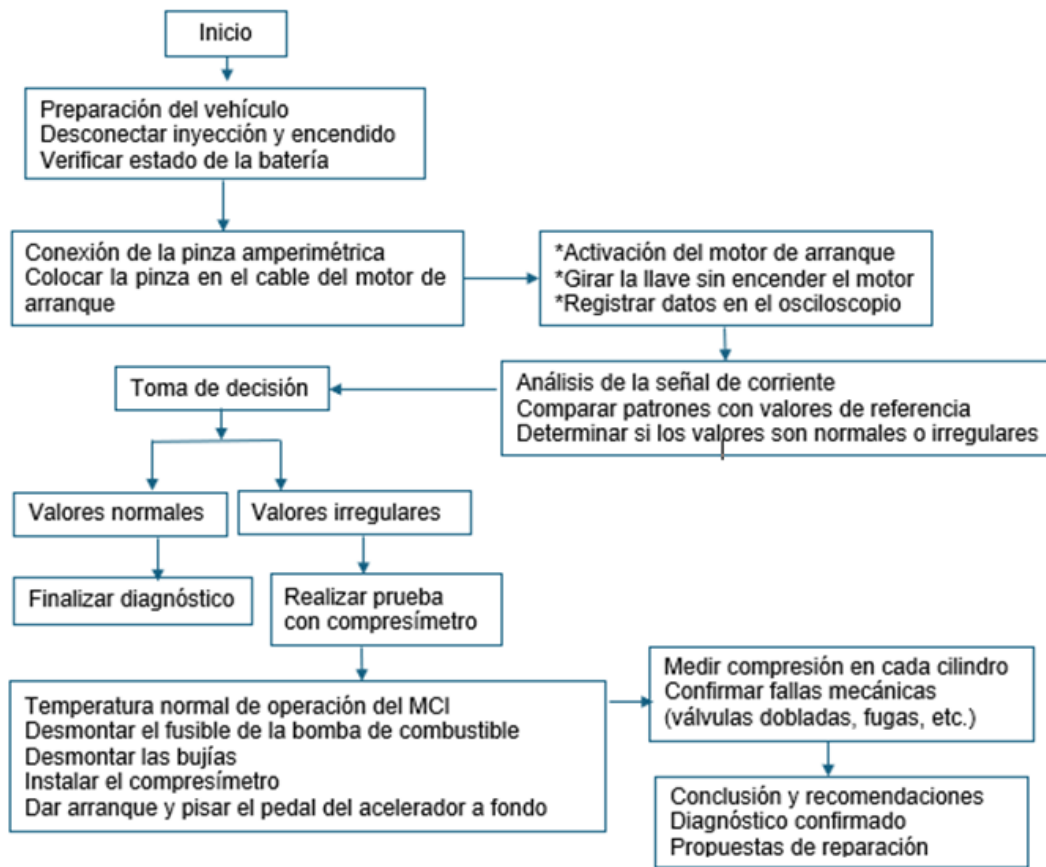
<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Calibración (IEC)</b>
Pinza amperimétrica	Canal 1	1V / 10 A
Osciloscopio	Canal 2	500 mV por división 200 ms por división Single 50 V, 200ms por división

*Nota.* Autor, (2025). Configuraciones empleadas para calibrar los canales del osciloscopio y la pinza amperimétrica. Esta calibración es clave para cumplir el objetivo de validar un método no invasivo de diagnóstico.

Para una mejor comprensión de lo detallado, a continuación, se presenta un diagrama de flujo (Figura 1) que ilustra de manera detallada el procedimiento de diagnóstico, abarcando posibles contingencias y sus soluciones. Este diagrama proporciona un enfoque sistemático y bien estructurado para la evaluación de la compresión del motor, permitiendo una identificación eficiente de problemas, así como su pronta resolución. La estructura del diagrama facilita el seguimiento paso a paso, asegurando que cada etapa del diagnóstico se realice de forma precisa, lo que optimiza tanto la detección de fallas como las acciones correctivas necesarias. Además, incluye protocolos claros para el manejo de contingencias, garantizando que cualquier imprevisto se pueda abordar de manera adecuada, minimizando el tiempo de diagnóstico y mejorando la precisión del proceso.

Figura 1

Diagrama de flujo diagnóstico caso de estudio



Nota. Autor, (2025). Diagrama del procedimiento de diagnóstico utilizando, tanto el método tradicional con compresímetro como el amperimétrico. ción es clave para cumplir el objetivo de validar un método no invasivo de diagnóstico.

### Procedimiento de Medición

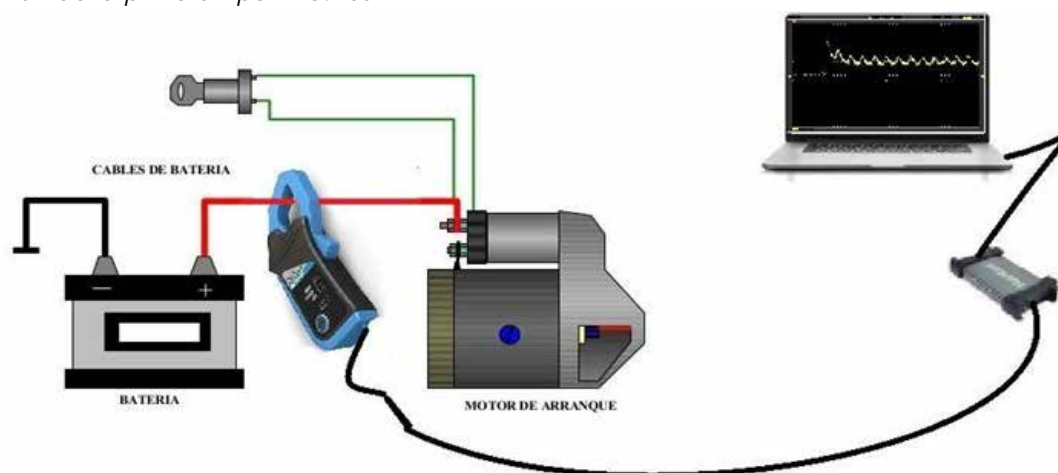
Instalación de Pinzas Amperimétricas: Se colocan las pinzas amperimétricas alrededor del cable de alimentación de la bobina de encendido. Este procedimiento debe realizarse con precisión para asegurar un buen contacto eléctrico y evitar interferencias que puedan afectar la lectura de corriente (Dustmurodovna, 2024). La elección de la pinza amperimétrica Hantek CC-650 AC/DC para medir la compresión relativa se debe a su capacidad para detectar con precisión y sin contacto directo las variaciones en la corriente de arranque del motor. Este dispositivo facilita el registro de los cambios en el consumo eléctrico del motor de arranque, lo que permite evaluar indirectamente la compresión en cada cilindro sin necesidad de desmontar componentes. Aunque existen otros modelos con prestaciones similares, la Hantek CC-650 sobresale por su amplio rango de medición de hasta 650A, su compatibilidad con osciloscopios y su capacidad para medir tanto corriente continua como alterna con alta sensibilidad. Su selección se fundamentó en la necesidad de obtener resultados precisos, facilidad de uso y total compatibilidad con el equipo de diagnóstico empleado. (Dustmurodovna, 2024)

Se cumple con la norma IEC 61010, lo que garantiza la protección eléctrica durante el uso del dispositivo, asegurando la seguridad del operador y el correcto funcionamiento del equipo. Para optimizar la precisión de las mediciones, se realizaron seis mediciones por punto, lo que permitió obtener valores promedio y minimizar posibles errores de lectura.

Con el fin de asegurar una medición precisa de la corriente, es esencial colocar la pinza amperimétrica correctamente, asegurándose de que su orientación sea adecuada y que el cierre sea firme y completo alrededor del conductor. Este procedimiento, ilustrado en el esquema de la figura 2, es fundamental para registrar con exactitud la intensidad de corriente absorbida por el motor de arranque durante la fase de compresión de los cilindros. De esta manera, se facilita la evaluación de la compresión relativa del motor sin necesidad de desmontar componentes, lo que simplifica el proceso de diagnóstico. Se cumple con la norma IEC 61010 para asegurar la protección eléctrica durante la utilización del dispositivo. Se llevaron a cabo seis mediciones por punto, lo que permitió adquirir valores medios y reducir los errores.

Figura 2

Conexión de la pinza amperimétrica



*Nota.* Autor, (2025). Instalación del dispositivo de medición, para garantizar lecturas precisas durante la medición de corriente de arranque. Contribuye al objetivo de estandarizar el procedimiento para futuras aplicaciones.

## Resultados

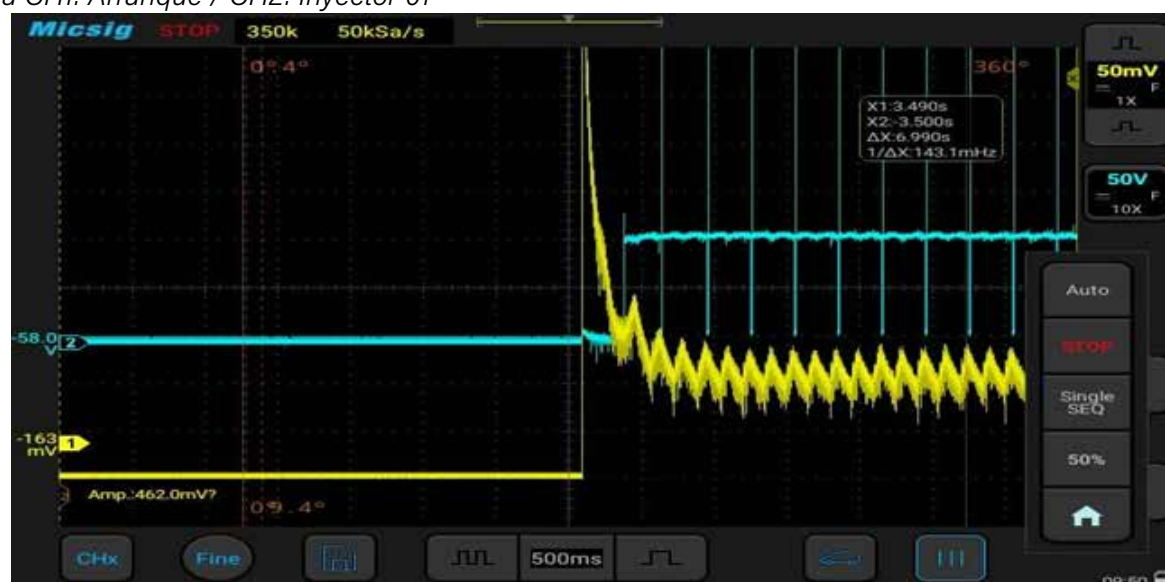
### Mediciones iniciales Osciloscopio:

Primera etapa, denominada de mayor consumo de corriente ya que el arranque ayuda a dar los primeros giros del MCI rompiendo la inercia, y este requiere de un mayor esfuerzo y corriente de consumo. Razón por la cual se toma el oscilograma del vehículo de estudio en el cual se observa el pico más alto.

En la Figura 3, se observa que el pico más alto alcanza los 4.90V que traducido a amperios es 49 A, ya que se escogió la escala 1V = 10 A, este es el pico más alto y el punto de mayor esfuerzo del motor de arranque para romper el estado estático, venciendo todas las fuerzas mecánicas que se oponen al movimiento. Luego las ondas estabilizadas muestran el amperaje necesario para romper la oposición al movimiento en tiempo de compresión los valores en amperios son de aproximadamente 34 A. Se observa la señal del inyector No. 01 en el canal 2; se debe tomar en cuenta que este vehículo tiene inyección semi secuencial y servirá como referencia para observar que el pico de la onda corresponde al cilindro 01, y de ahí el orden de encendido.

Figura 3

Oscilograma CH1: Arranque / CH2: Inyector 01



Nota. Autor, (2025). Señal de corriente durante el arranque, evidenciando el esfuerzo inicial del motor y la estabilización en fase de compresión. Apoya el objetivo de establecer una correlación entre consumo eléctrico y compresión relativa.

En la Figura 4, se puede observar 3 canales, señales captadas para un diagnóstico electrónico más efectivo en el cual el CH1 es el oscilograma generado de la compresión relativa teniendo un pico de inducción del motor de arranque de 49 A, CH2 secundario de bobina captado en el cilindro #1 con el objetivo de ubicarse en el oscilograma según el orden de encendido que para el vehículo de estudio Hyundai Tucson V6 2700 CC es de 1-2-3-4-5-6 y el canal CH3 se ubica un sensor de pulsos para evaluar la descompresión.

Figura 4

Oscilograma CH1: Arranque celeste / CH2: Secundario de bobina cilindro #1/ CH3: Pulsos de admisión.



Nota. Autor, (2025). Señal de bobina y sensor de pulsos, que permite una evaluación cruzada entre variables eléctricas y mecánicas. Esto fortalece la validación del método propuesto como herramienta diagnóstica.

## Discusión

**Lecturas de Corriente CH1:** Las lecturas de corriente en la compresión relativa para cada cilindro fueron registradas como sigue:

- Cilindro 1: 34 A
- Cilindro 2: 34 A
- Cilindro 3: 0 A
- Cilindro 4: 34 A
- Cilindro 5: 34 A
- Cilindro 6: 34 A

Los valores fueron obtenidos cuando el motor alcanzó su temperatura de funcionamiento normal de 95° C, lo que permitió que los componentes internos se dilataran y ocuparan su espacio molecular. Estos valores fueron comparados entre los cilindros del motor V6, y en el análisis del oscilograma, se observó que el cilindro #3 no presenta consumo de corriente. El comportamiento del vehículo estudiado indica que el motor de arranque no realiza esfuerzo en vencer la inercia del cilindro, lo que sugiere una falta de compresión y, por lo tanto, un daño mecánico en el mismo. Además, el sensor de pulsos muestra una depresión en la señal correspondiente al cilindro #3, lo que confirma la ausencia de compresión debido a un daño interno en este.

La falta de consumo de corriente en el cilindro #3 durante el arranque es, por tanto, un indicio directo de la ausencia de compresión. En los motores de combustión interna, la compresión es un factor crítico para su correcto funcionamiento (Gómez et al., 2021). Cuando el motor de arranque no presenta esfuerzo al intentar vencer la inercia del cilindro, se puede concluir que éste no está generando la compresión necesaria. Esta anomalía en el arranque puede ser el resultado de fallos mecánicos, tales como: válvulas defectuosas, anillos de pistón desgastados o grietas en las paredes del cilindro; lo que impide que el motor de arranque opere de forma eficiente en ese cilindro, afectando el rendimiento global del motor.

En trabajos recientes, como el estudio de Vera et al. (2023), se concluye que el análisis de oscilogramas de corriente durante el arranque de motores puede ser una herramienta eficaz para identificar fallas en la compresión de los cilindros. La ausencia de consumo de corriente o el comportamiento anómalo de la corriente puede señalar un problema mecánico en un cilindro determinado. Este estudio pone de manifiesto que los oscilogramas deben ser interpretados cuidadosamente, ya que no solo revelan la falta de esfuerzo del motor de arranque, sino también pueden ofrecer pistas adicionales sobre el tipo de fallo mecánico, como la posible rotura de componentes internos.

Martínez et al. (2022), en su análisis sobre fallos en motores V6, también concluyen que la ausencia de compresión en un cilindro no solo se refleja en el comportamiento del motor de arranque; sino que, puede estar correlacionada con cambios en los pulsos generados por los sensores de presión en cada cilindro. Estos sensores, que registran las variaciones en la presión durante el ciclo de compresión, muestran patrones atípicos en el cilindro con pérdida de compresión. En este caso, la depresión en el sensor de pulsos del cilindro #3 podría ser una manifestación adicional de este problema, lo que indica que el cilindro no está realizando correctamente su ciclo de compresión.

La correlación entre las mediciones de corriente del motor de arranque y las mediciones de presión de los cilindros ha sido una herramienta diagnóstica cada vez más relevante. Según el trabajo de Gómez et al. (2021), las tecnologías de diagnóstico basadas en la combinación de oscilogramas y sensores de pulsos permiten a los técnicos identificar con mayor precisión los puntos débiles en los motores. Este enfoque facilita el diagnóstico temprano de fallas mecánicas y permite la intervención antes de que el daño sea irreversible.

La Tabla 2 presenta la comparación entre la compresión recomendada por el fabricante que es de 140 PSI y las mediciones obtenidas con el manómetro en cada cilindro dando presión de 130 PSI, aproximadamente, producto del desgaste normal del motor y en el cilindro no. 03 se evidencia que no hay compresión. Estos valores permiten identificar posibles anomalías como fugas en las válvulas, juntas defectuosas o desgaste en los anillos del pistón. Además, sirven como referencia para el análisis de la compresión relativa medida con la pinza amperimétrica.

**Tabla 2**

*Compresión del motor de combustión interna Hyundai V6 2700 CC.*

# de cilindro	PSI / Manual del Fabricante	PSI / Real
01	140 PSI	130 PSI
02	140 PSI	130 PSI
03	140 PSI	0 PSI
04	140 PSI	125 PSI
05	140 PSI	130 PSI
06	140 PSI	130 PSI

*Nota.* Autor, (2025). Comparación entre los valores de compresión recomendados y los reales medidos en cada cilindro. Estos datos respaldan la precisión del método amperimétrico al identificar pérdidas de compresión y fallas mecánicas.

La Figura 5 muestra la medición de compresión en el cilindro 3, en la que se registra un valor de 0 PSI. Esta imagen pretende evidenciar la ausencia de presión en dicho cilindro, lo que indica una anomalía mecánica.

**Figura 5**

*Compresión cilindro #03: 0 PSI*



*Nota.* Autor, (2025). Evidencia visual de la ausencia total de presión en el cilindro 3, lo que confirma una falla mecánica identificada previamente por la técnica amperimétrica. Refuerza la correlación entre ambos métodos.

Se procede con el desmontaje del cabezote, la Figura 6 ilustra claramente el daño observado en las válvulas de admisión y de escape. Se evidencia una luz y no un cierre hermético.

**Figura 6**

*Válvulas de admisión y escape dobladas.*



*Nota.* Autor, (2025). Imagen que demuestra el daño mecánico en las válvulas del cilindro 3, validando la anomalía detectada mediante la medición de corriente. Confirma la eficacia del método propuesto para diagnóstico temprano.

Para obtener un diagnóstico preciso, se ha seguido un procedimiento escalonado que incluye la medición de compresión relativa, la prueba de compresión convencional y, finalmente, el desmontaje del motor para evaluar el daño mecánico. Este orden de diagnóstico es especialmente necesario en motores V6, como el Hyundai Tucson V6 2700 CC, donde el acceso a las bujías es limitado, lo que dificulta la aplicación directa de métodos convencionales.

En la primera etapa del diagnóstico, la medición de compresión relativa mediante la pinza amperimétrica mostró valores de corriente que variaron entre 34 A y 0 A, evidenciando una diferencia significativa entre los cilindros. De acuerdo con el orden de encendido (1-2-3-4-5-6), se identificó que el cilindro #3 no registraba consumo de corriente, lo que sugiere una pérdida total de compresión. Este resultado indicó la posibilidad de un daño mecánico asociado a la ruptura de la banda de distribución, que pudo haber afectado las válvulas de admisión o escape.

Para confirmar este hallazgo, en la segunda etapa del diagnóstico se realizó una prueba de compresión convencional, lo que requirió el desmontaje parcial del motor. Los resultados mostraron que la mayoría de los cilindros presentaban una compresión promedio de 130 PSI, un valor inferior al recomendado por el fabricante (140 PSI). Esta disminución sugiere un desgaste interno progresivo del motor, probablemente debido a factores como el uso prolongado, lubricantes y combustibles de baja calidad, filtros deficientes y arranques en frío frecuentes. En contraste, el cilindro #3 registró 0 PSI, confirmando una falla mecánica grave.

Ante estos resultados, se llevó a cabo la última fase del diagnóstico, que consistió en el desmontaje del cabezote para una inspección visual detallada. En esta etapa, se evidenció que las válvulas de admisión y escape del cilindro #3 estaban dobladas debido al impacto con la cabeza del pistón, producto de la falla en la banda de distribución.

Este procedimiento diagnóstico confirma la correlación entre las mediciones de corriente obtenidas con la pinza amperimétrica y las pruebas de compresión mecánica, validando la eficacia del método amperimétrico como una herramienta de diagnóstico inicial en motores con acceso restringido a las bujías.

En motores V6, como el del vehículo de estudio, la variación en las revoluciones por minuto (RPM) y la pérdida de potencia suelen ser menos evidentes, lo que dificulta la detección temprana de fallas. No obstante, la implementación de técnicas de diagnóstico electrónico ha demostrado ser una herramienta altamente eficaz, ya que posibilita la identificación precisa de anomalías, lo que a su vez permite una orientación adecuada en el proceso de reparación.

## Conclusiones

El presente estudio permite establecer teóricamente el método utilizado para medir la compresión relativa del motor de un Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, con la intención de validar su aplicabilidad en otros vehículos; por lo tanto, se afirma que el método propuesto es efectivo y adaptable a una amplia gama de motores, siempre y cuando se realicen las adecuaciones necesarias para cada tipo de vehículo, considerando las especificaciones técnicas particulares de los diferentes sistemas de motorización y componentes involucrados. Además, este enfoque tiene el potencial de contribuir a una evaluación más precisa y eficiente del estado de los motores, facilitando su diagnóstico y mantenimiento preventivo en contextos automotrices más amplios.

Las técnicas de medición de compresión relativa, combinadas con herramientas electrónicas como las pinzas amperimétricas y los manómetros, han demostrado ser altamente efectivas para identificar problemas en motores de combustión interna, como en el caso del Hyundai Tucson V6 2700 CC. Este enfoque permitió detectar con alta precisión fallas en el cilindro #3 y las válvulas, incluso en vehículos con accesos difíciles, como los motores V6.

La correlación entre las mediciones de corriente y la compresión relativa proporciona un diagnóstico más confiable sobre las condiciones internas del motor. En este caso, se registraron 32 A de consumo de corriente en los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6; mientras que, en el cilindro #3 el consumo fue de 0 A. La medición de compresión realizada en el vehículo, tras desmontar el  $\frac{1}{4}$  del motor, reveló que los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6 tenían una compresión de 130 PSI, mientras que el cilindro #3 mostró una compresión de 0 PSI. Esta diferencia significativa en los valores obtenidos sirve como un claro indicador de anomalías mecánicas, como la posible ruptura de la banda de distribución, que puede afectar componentes críticos del motor.

A pesar de la efectividad de las mediciones electrónicas, el desmontaje de componentes clave, como el  $\frac{1}{4}$  del motor y el cabezote, sigue siendo fundamental para confirmar el diagnóstico. Este proceso permitió la inspección visual directa de daños mecánicos, como válvulas dobladas, proporcionando la evidencia necesaria para realizar las reparaciones adecuadas y garantizar un diagnóstico certero.

## Referencias

- Agilent Technologies. (2024). Pinzas amperimétricas y sus características. Recuperado de <https://www.agilent.com>
- Bocos, J. (2017). Desarrollo de un método para determinar la relación de compresión de un motor de combustión interna alternativo en tiempo real a partir de la medida de la presión cilindro [Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño, Universitat Politècnica de Valencia]. <https://acortar.link/w1UY49>
- Cahueñas Montenegro, K. A., Chaves Fernández, M. J., & Torres Carrera, A. S. (2018). Estudio de Compresión de un Motor Diésel y Gasolina en Función del Amperaje. Repositorio Digital UIDE. Recuperado de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2633>
- Cisneros, E., & Viteri, F. (2018). Estudio Estático Del Desgaste De Un Motor En Tiempos Definidos [Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2501/1/T-UIDE-1793.pdf>
- Contreras, W., Arichávala, M., & Jérez, C. (2018). Determinación de la presión máxima de compresión de un motor de encendido provocado basado en una red neuronal artificial recurrente. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 19, 9-18. <https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.01>
- Denton, T. (2016). Automóvil Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil (Cuarta). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. <https://acortar.link/fDVIRg>
- Dustmurodovna, K. M. (2024). Vehicles of Transportation Internal Combustion Engine Press the Details of the Institution Inspection. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(2), 8. <https://doi.org/10.47134/jme.v1i2.2616>
- Exposición en el lugar de trabajo Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional, 689 UNE 10 (2019).
- Fluke Corporation. (2025). Guía de pinzas amperimétricas y medición de corriente. Recuperado de <https://www.fluke.com>
- Gómez, F., Torres, H., & Castillo, R. (2021). Tecnologías de diagnóstico temprano de fallas en motores de combustión interna: Análisis de pulsos y corriente. *Journal of Automotive Technology*, 16(1), 50-58. <https://doi.org/10.4321/jat.2021.01>
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill.
- Keysight Technologies. (2024). Soluciones avanzadas de medición de corriente y voltaje. Recuperado de <https://www.keysight.com>
- Kumar, A., Gopal, J., Sharma, N., & Pratap, A. (2019). *Advanced Engine Diagnostics*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3275-3>
- Martínez, A., & Quishpi, W. (2021). Análisis y diagnóstico avanzado del motor de combustión interna por medio de Oscilogramas Eléctricos de Presión y Análisis de Emisiones [Carrera de Ingeniería Automotriz, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <https://acortar.link/4QYfwL>
- Murrell, M., Montero, E., Campos, S., Bermúdez, L., & Vetrani, K. (2023). Calibración de equipos de laboratorio en entornos universitarios: Estrechando la brecha en materia de gestión metrológica. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i3.6316>

- Periago, M., & Bohigas, X. (2024). Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería. REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 7(2), 24.
- Quelal, L., & Peña, C. (2023). Diagnóstico de la Corriente de Fuga Máxima en Vehículos Alimentados con Batería Plomo—Acido [Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, Universidad Técnica del Norte]. <https://acortar.link/nRIULK>
- Sámano, J. (2020). Instrumentalism and Maxwell's electromagnetic theory. Open Insight, 11(21), 135-159. <https://doi.org/10.23924/oi.v11i21.366>
- Silva, H., Pasuy, Á., & Recalde, A. (2018). Estudio comparativo del voltaje del bobinado secundario en función de la chispa [Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://acortar.link/ZtVXhl>
- Zumba, E., & Peña, J. (2023). Equipos de medición y calibración mecánica zumba (emcm-zumba). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vera, S., Ortega, L., & Díaz, P. (2023). Diagnóstico de fallas en motores mediante análisis de oscilogramas de corriente y presión. Revista de Ingeniería Automotriz, 30(2), 98-105. <https://doi.org/10.1234/engauto.2023.02>
- Martínez, J., Ruiz, L., & Sánchez, M. (2022). Evaluación de fallas mecánicas en motores V6 utilizando sensores de presión y oscilogramas de corriente. Ingeniería Automotriz y Mecánica, 14(4), 221-229. <https://doi.org/10.5678/engauto.2022.04>