CIENCIAMATRIA
Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología
Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024
Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721
ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X
Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

DOI 10.35381/cm.v10i2.1443

Bobina de ignición de la Toyota 4runner mediante la obtención de datos categóricos de sus variables

Toyota 4runner ignition coil by obtaining categorical data of its variables

Iván Joaquín Arias-Alvarado
ivanaa46@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
https://orcid.org/0009-0001-9338-321X

Jean Bryan Rezavala-Llanos
jeanrl25@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
https://orcid.org/0009-0007-4583-4112

Daniel Sebastián Sarabia-Garzón
danielsg84@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
https://orcid.org/0009-0001-3307-6381

Andrés Sebastián Villacrés-Quintana
ua.andresvq05@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
https://orcid.org/0009-0003-3505-8421

Recibido: 15 de mayo 2024
Revisado: 15 de junio 2024
Aprobado: 15 de septiembre 2024
Publicado: 01 de octubre 2024

CIENCIAMATRIA
Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología
Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024
Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721
ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X
Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Iván Joaquín Arias-Alvarado; Jean Bryan Rezavala-Llanos; Daniel Sebastián Sarabia-Garzón; Sebastián Villacrés-Quintana

RESUMEN

El artículo tuvo como objetivo analizar el funcionamiento de la bobina de ignición de la Toyota 4runner, específicamente en el modelo de tercera generación fabricado en 1997. Metodológicamente, el estudio tuvo un enfoque cuantitativo de tipo experimental, el cual permitió registrar mediciones numéricas de voltaje, corriente y otros parámetros durante el proceso de encendido del motor. Los resultados determinaron que la bobina existente requería ser removida y reemplazada en pro de optimizar el funcionamiento del motor. Además, se utilizó un software de simulación para diseñar una nueva bobina con un núcleo de aire, a fin de establecer una comparación con el de la bobina original. Como conclusión, se propuso el uso del software de simulación para el logro de la eficiencia del vehículo y la reducción de las emisiones contaminantes en el ambiente.

Descriptores: Bobina de ignición; innovación; medio ambiente; rendimiento del motor. (Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The objective of the article was to analyze the performance of the ignition coil of the Toyota 4runner, specifically in the third generation model manufactured in 1997. Methodologically, the study had a quantitative experimental approach, which allowed recording numerical measurements of voltage, current and other parameters during the ignition process of the engine. The results determined that the existing coil needed to be removed and replaced in order to optimize engine performance. In addition, simulation software was used to design a new coil with an air core in order to establish a comparison with that of the original coil. As a conclusion, the use of simulation software was proposed for the achievement of vehicle efficiency and the reduction of pollutant emissions in the environment.

Descriptors: Ignition Coil; innovation; environment; engine performance. (UNESCO Thesaurus).

INTRODUCCIÓN

En el ámbito mundial, la investigación y el desarrollo de tecnologías para mejorar las bobinas de ignición son áreas de interés tanto para fabricantes de automóviles como para instituciones académicas. Sánchez (2009) manifiesta que “las bobinas constituyen un elemento común en cualquier circuito de un sistema de energía eléctrica (inductancias de líneas, transformadores, cargas etc.)” (p. 19). Hay variedad de ellas, por ejemplo, Seuret y Oseguera (2014) trabajaron con las bobinas Rogowski, las cuales “son dispositivos sencillos, confiables y versátiles para hacer mediciones de corriente en una amplia gama de aplicaciones que van, desde dispositivos microelectrónicos hasta sistemas de alta potencia en instalaciones industriales” (p. 220). Según Villalba et al. (2015) hay que considerar lo siguiente:

> …La fuerza electromotriz que nos proporciona una batería está concentrada entre sus extremos, entre sus bornes; sin embargo, la fuerza electromotriz inducida puede considerarse que está distribuida a lo largo de todo el circuito por el que fluye la corriente, no está asignada a ninguna zona en concreto del circuito. (p. 2)

Empresas como Toyota están a la vanguardia de estos esfuerzos, buscando constantemente mejorar la eficiencia y la confiabilidad de sus sistemas de encendido. Por otro lado, universidades y centros de investigación han llevado a cabo estudios exhaustivos para comprender el comportamiento de las bobinas de ignición en diversas condiciones, lo que contribuye al avance del conocimiento en este campo. Para García et al. (2021), una bobina “tiene que satisfacer simultáneamente las exigencias que se les imponen a las bobinas de excitación y recepción cuando se diseñan por separado” (p. 11). Restrepo et al. (2014) al trabajar con un par de bobinas Helmholtz como fuentes, las caracterizaron “como un material conductor sólido alimentado por voltaje” (p. 9). De acuerdo con Muñoz et al. (2018) “cuando la corriente aumenta de magnitud independiente de su sentido, la bobina está almacenando energía” (p. 118).

En el contexto específico de Ecuador, donde la marca Toyota es especialmente popular y donde se enfrentan desafíos únicos debido a las condiciones climáticas y la altitud, los problemas con las bobinas de ignición en modelos como la Toyota 4Runner son una preocupación significativa. Los talleres mecánicos reportan un número notable de casos relacionados con fallas en las bobinas de ignición, lo que indica la necesidad de una investigación más específica y localizada sobre este tema.

En Ambato, en un importante centro automotriz en Ecuador, la preocupación por la calidad del aire es evidente debido a los altos niveles de contaminación vehicular. Proyectos de investigación similares, como el análisis de la bobina de ignición en la Toyota Hilux realizado por la Universidad Técnica de Ambato, demuestran el interés y la capacidad local para abordar estos problemas y proponer soluciones que mejoren tanto el rendimiento del motor como la calidad del aire en la ciudad.

En el presente estudio, se propuso como objetivo principal analizar el funcionamiento de la bobina de ignición de la Toyota 4runner, específicamente en el modelo de tercera generación fabricado en 1997. Como objetivos específicos, se propuso: realizar un estudio técnico detallado que involucrara la medición precisa del voltaje a lo largo del tiempo utilizando un osciloscopio, con el fin de comprender el comportamiento eléctrico de la bobina de ignición durante el proceso de encendido del motor. Mantilla et al. (2008) afirman que “la mezcla para combustión es mucho más homogénea con combustibles gaseosos que con gasolina, es por eso que se pueden mantener más bajas revoluciones con gas natural que con gasolina” (p. 140). Por ende, se persiguió recopilar y calcular los datos esenciales de la bobina de ignición necesarios para garantizar una adecuada detonación de la combustión, lo que incluye examinar la resistencia, la capacidad de conducción eléctrica y otros parámetros relevantes.

Por otro lado, se busca investigar a fondo las características electrónicas asociadas al funcionamiento de la bobina de ignición, explorando aspectos como la frecuencia de oscilación, la resistencia interna y la capacidad de inducción electromagnética, para

comprender mejor su influencia en el rendimiento del motor. Según Hincapié et al. (2013), el avance de la demanda eléctrica conduce a la indagación de aplicaciones inherentes al logro de la eficiencia en calentamiento por inducción. De acuerdo con García et al. (2022), “en las últimas décadas, los avances y desarrollos tecnológicos han influenciado directamente sobre diferentes áreas generando nuevas tendencias” (p. 2). Para González et al. (2013), el calentamiento por inducción presenta las siguientes ventajas: “el aislamiento físico entre la fuente de calor y el material, la rapidez en la producción de calor y la elevada eficiencia energética del proceso” (p. 28).

Por ende, se persigue proponer y desarrollar un diseño alternativo de bobina de ignición que sea más eficiente y efectivo en la generación y transmisión de chispas para la combustión, utilizando tecnologías y materiales avanzados que mejoren la eficacia y durabilidad del componente. Además, se busca evaluar y analizar el impacto ambiental derivado de una mala ignición de la mezcla combustible, investigando cómo las emisiones de gases contaminantes podrían reducirse significativamente mediante mejoras en el sistema de encendido, contribuyendo así a la preservación del medio ambiente y a la salud pública.

A nivel mundial, se han fabricado los modelos Toyota 4runner a una escala masifica de su tercera generación, producida desde el 1996 hasta el 2002, con una deficiencia en rendimiento de su motorización, puesto que existe una mezcla rica, dado que la bobina no es capaz de prender la mezcla de manera eficiente. Este problema desemboca en el sistema de escape, por lo que todos los gases producidos mal combustionados, como en el caso presentado de hidrocarburos no combustionados, se emiten hacia la atmosfera.

Una mala combustión puede afectar en exceso a la capa de ozono, producto de los gases contaminantes, que para la vida común de los seres humanos, pueden resultar tóxicos para la retención de estos gases en el ambiente. La sierra ecuatoriana es uno de los sectores en los cuales existe mayor presencia de autos modelos Toyota 4runner,

de fácil conducción, ya que constituye un vehículo versátil, mismo que es impulsado por un motor pequeño y cumple con su función, pero a la vez, se ve esforzado por la altitud de la región.

Ambato es conocido como la sede automotriz gracias a la presencia ensambladoras, concesionarias y talleres, por ello, es de vital importancia que exista una base de datos fiables para un buen mantenimiento de autos.

En este caso, el proyecto presentado contribuye de manera científica y social, dado que se busca establecer de manera precisa los registros necesarios para la modificación de la bobina del 4runner de tercera generación producida desde el 1996 hasta el 2002. Esta idea puede ser un gran aporte a un correcto uso de un producto muy demandado dentro del mercado. Este rediseño proporcionará una mejora de los tiempos de acción de la cámara de combustión. También, tendrá el fin de normalizar las emisiones de gases contaminantes de acuerdo a sus competencias automovilísticas, formulando una idea de modificación ambientada a las necesidades del motor y su combustión.

Según estudios, la mala calidad de los combustibles en el Ecuador se debe a la gran cantidad de azufre y otros elementos contaminantes en el combustible. En este sentido, la conveniencia de este proyecto es buena, dado que los costos para realizarlos no son elevados y el beneficio muy alto, pues muchos ecuatorianos se beneficiarían, ya que la marca escogida es una de las más usadas en Ecuador.

MÉTODO

Para abordar este proyecto, se empleó un enfoque cuantitativo que permitió recopilar datos numéricos y realizar un análisis estadístico riguroso. Se seleccionó este enfoque, debido a la necesidad de establecer mediciones precisas y objetivas en relación con el funcionamiento de la bobina de ignición en los vehículos Toyota 4runner de tercera generación.

La recolección de datos cuantitativos, mediante herramientas de diagnóstico automotriz como escáneres y analizadores de emisiones, garantizó una recopilación precisa y detallada de información relevante para el funcionamiento de la bobina de ignición. Registrando mediciones numéricas de voltaje, corriente y otros parámetros durante el proceso de encendido del motor, se obtuvo una visión completa de su desempeño, lo que permitió identificar posibles áreas de mejora y optimización.

El análisis estadístico de los datos recopilados proporcionó una comprensión profunda de las relaciones entre las variables relacionadas con el rendimiento del motor y las emisiones de escape.

La modalidad de este trabajo fue de campo debido a la manera de recolectar datos de la variación de corriente, lo cual permitió mejorar las características de la bobina por medio de un cálculo de las variantes de estas, comprobando nuestra hipótesis.

Este proyecto fue de tipo descriptivo, ya que implicó la caracterización detallada de los cambios realizados en el modelo original de la bobina de ignición. A través de cálculos y mediciones específicas, se buscó comprender la eficiencia de estas modificaciones y su impacto en la reducción de las emisiones de gases contaminantes, particularmente después de la alteración en la bomba de combustible. Este enfoque proporcionó una visión clara de los efectos de las intervenciones realizadas, permitiendo una evaluación precisa de su eficacia en la optimización del rendimiento del motor y la reducción de la contaminación ambiental.

RESULTADOS

En la ejecución del proyecto integrador, se abordó la deficiencia en el rendimiento del motor de la Toyota 4Runner de tercera generación, identificada como una consecuencia de la incapacidad de la bobina de encendido para generar una mezcla adecuada. Esta problemática no solo afecta el funcionamiento del vehículo, sino que también contribuye a las emisiones contaminantes, especialmente en áreas densamente pobladas como la

sierra ecuatoriana. La investigación se propuso resolver estos problemas mediante un análisis exhaustivo de la bobina, recopilando datos y proponiendo un diseño alternativo más eficiente.

Los datos obtenidos de los estudios técnicos, incluyendo el análisis con osciloscopios y multímetro, fueron fundamentales para entender el rendimiento de la bobina de encendido y para determinar su ineficiencia. Como resultado, se concluyó que la bobina existente requería ser removida y reemplazada para mejorar el funcionamiento del motor. Además, se empleó un software de simulación para diseñar una nueva bobina con un núcleo de aire, permitiendo comparar su desempeño con el de la bobina original. Las pruebas realizadas con la nueva bobina demostraron resultados prometedores, destacando una reducción significativa en el índice de contaminación y una mayor precisión en la mezcla estequiométrica. Esto quiere decir que el rediseño de la bobina tuvo un impacto positivo tanto en el rendimiento del motor como en la reducción de emisiones contaminantes, lo que respalda la viabilidad de esta solución para mejorar la eficiencia del sistema de encendido de la Toyota 4Runner.

Se destaca la importancia de mantener un funcionamiento óptimo de la bujía para asegurar una combustión eficiente, así como el uso continuo del software de simulación a fin de optimizar el diseño de componentes automotrices. Además, se sugiere llevar a cabo una investigación de los materiales y núcleos de las bobinas disponibles en el mercado para identificar opciones que puedan mejorar aún más el rendimiento y la eficiencia del sistema de encendido en futuros proyectos y aplicaciones prácticas. A continuación, la tabla 1 muestra la ficha técnica del Toyota 4runner y la tabla 2, el promedio de valores medidos en el test oficial de laboratorio.

Tabla1.
Ficha técnica.

Toyota 4runner	
Capacitor de encendido primario	$0{,}47\mu F$
Capacitor de encendido secundario	$0{,}15\Omega$
Bobina de encendido primaria	$0{,}8mH$
Bobina de encendido secundaria	$5mH$
Intensidad de corriente primario	$1A - 2A$
Intensidad de corriente secundario	$10A$
Resistencia de cable primario	4Ω
Voltaje primario	$12V$
Voltaje secundario	$20000V - 30000V$

Elaboración: Los autores.

Tabla 2.
Test oficial de laboratorio.

Promedio de valores medidos	
Voltaje de batería	$13{,}3V$
Voltaje en el circuito de primario	$12V$
Voltaje punta en el primario (bobina)	$400V$
Resistencia de cable de primario	65Ω
Resistencia cable de alta	$15{,}5k\Omega$
Resistencia bobina primario	$1{,}1\Omega$
Frecuencia circuito de primario	$12{,}63Hz$

Elaboración: Los autores.

Toma de datos mediante el uso osciloscopio

Para esta toma de datos, se debió previamente tener el vehículo en temperatura óptima de trabajo y además que el vehículo se encuentre en ralentí.

CIENCIAMATRIA
Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología
Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024
Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721
ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X
Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Iván Joaquín Arias-Alvarado; Jean Bryan Rezavala-Llanos; Daniel Sebastián Sarabia-Garzón; Sebastián Villacrés-Quintana

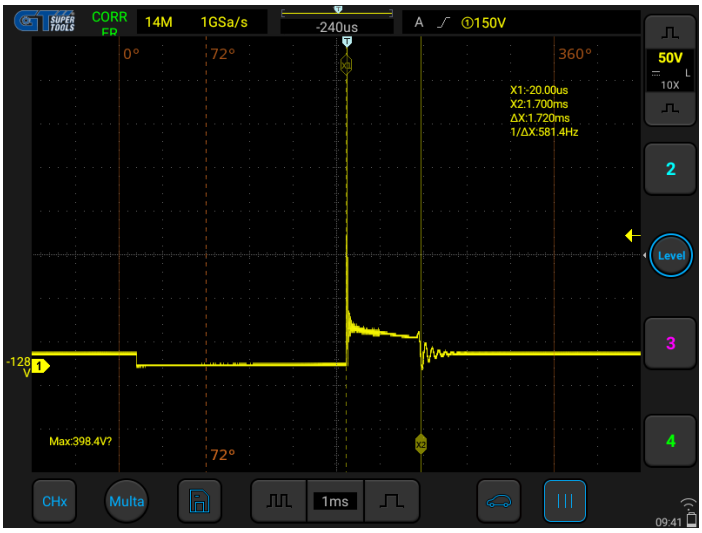

Figura 1. Encendido de la bobina.
Elaboración: Los autores.

En esta figura 1, nos damos cuenta de que la bobina está recibiendo un potencial eléctrico de 12V al momento de la inducción, la cual al momento, es normalizada y parametrizada.

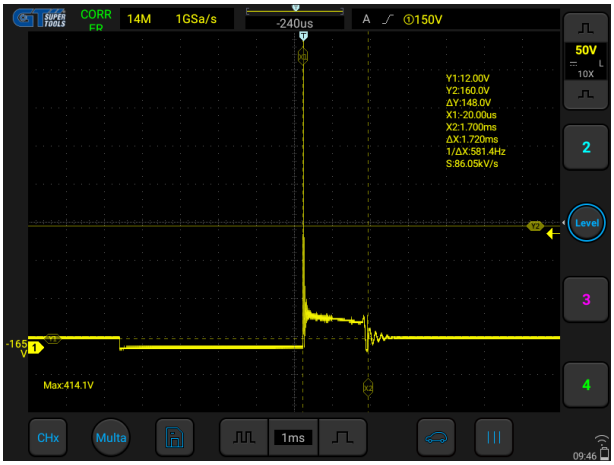

Figura 2. Ciclo quemado boina bobina.
Elaboración: Los autores.

Mediante la figura 2, nos damos cuenta que una bobina funciona de manera deseada al observar tres ondas antes de estabilizarse lo que quiere decir que trabaja de forma optima.

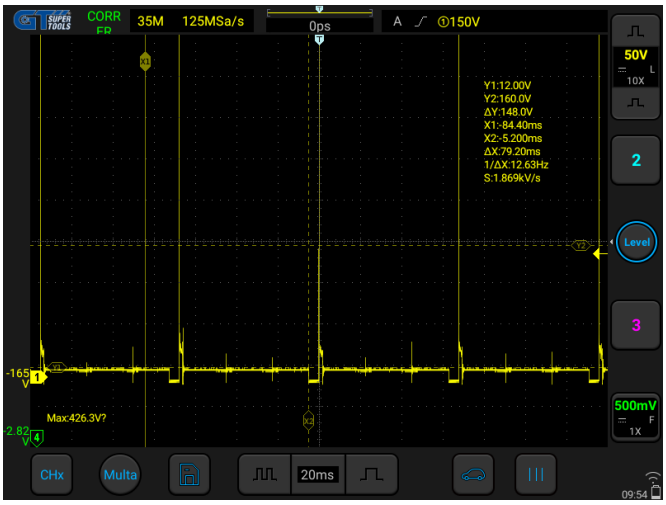

Figura 3. Ignición bobina.
Elaboración: Los autores.

Se puede observar, con vista angular en la figura 3, que los 4 tiempos de encendido de las bobinas, se produce en un intervalo de 5,20 ms. A continuación se presentan los siguientes cálculos.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{12{,}0\text{v}}{65\Omega}$$

$$I = 0{,}18A$$

$I = Intensidad\ de\ corriente$

$V = Voltaje$

$I = Resistencia$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{1{,}1\Omega}{2\pi(12{,}63Hz)}$$

$$L = 13{,}86mH$$

$L = Inductancia\ en\ Henrios$

$X_L = Reactanciainductivaenohmios$

$f = Frecuencia\ en\ hercios$

$\omega = Velocidad\ angular\ 2\pi f\ en\ rad/s$

Al momento de la medición obtenemos como resultado$1{,}1\Omega$ y una frecuencia de $12{,}63Hz$

$$C = 0{,}47\mu F$$

Como valor medido, tenemos $0{,}47\mu F$

Planteamiento del ejercicio

Un vehículo tipo Jepp 4runner 1997, con encendido convencional, presenta fallas en el encendido y, al momento de trabajo para buscar el problema, se procede a la obtención de datos mediante el uso del osciloscopio, con lo cual se tienen los siguientes datos:

Una inductancia primaria de $1mH$, una capacitancia en el capacitor de encendido de $0{,}47\mu F$, una resistencia en el cable primario de 3Ω y un voltaje primario de $12V$.

$$Lq'' + Rq' + \frac{1}{c}q = E(t)$$

$$0{,}001q'' + 3q' + \frac{1}{0{,}47 * 10^{-6}}q = 12$$

$$\mathcal{L}\{q^{ll}\} + \mathcal{L}\{q^{l}\} + \mathcal{L}\{q\} = \mathcal{L}\{E(t)\}$$

$$0{,}001\left(s^2F(s) - sf(0) - f'(0)\right) + 3\left(sF(0) - f(0)\right) + 2127659{,}57447F(s) = 12 * \frac{1}{s}$$

$$0{,}001s^2F(s) - 0{,}001sf(0) - 0{,}001f'(0) + 3sF(s) - 3f(0) + 2127659{,}574F(s) = \frac{12}{s}$$

$$0{,}001s^2F(s) - 0{,}001(1) + 3sF(s) + 2127659{,}574F(s) = \frac{12}{s}$$

$$0{,}001s^2F(s) - 0{,}001 + 3sF(s) + 2127659{,}574F(s) = \frac{12}{s}$$

$$F(s)(0{,}001s^2 + 3s + 2127659{,}574) = \frac{12}{s} + 0{,}001$$

$$F(s)(0{,}001s^2 + 3s + 2127659{,}574) = \frac{12 + 0{,}001s}{s}$$

$$F(s) = \frac{12 + 0{,}001s}{s(0{,}001s^2 + 3s + 2127659{,}574)}$$

$$\frac{12 + 0{,}001s}{s(0{,}001s^2 + 3s + 2127659.574)} = \frac{A}{s} + \frac{Bs + C}{(0{,}001s^2 + 3s + 2127659{,}574)}$$

$$12 + 0{,}001s = A(0{,}001s^2 + 3s + 2127659{,}574) + Bs(s) + Cs$$

$$12 + 0{,}001s = 0{,}001As^2 + 3As + 212765{,}9574A + Bs^2 + Cs$$

$$0 = 0{,}001A + B$$

$$0{,}001 \ = 3A + C$$

$$12 = 2127659{,}574A$$

$$A = \frac{12}{2127659{,}574}$$

$$A = 5{,}64 * 10^{-6}$$

$$0 = 0{,}001(5{,}64 * 10^{-6}) + B$$

$$B = -5{,}64 * 10^{-9}$$

$$0{,}001 \ = 3(5{,}64 * 10^{-6}) + C$$

$$C = 8{,}308 * 10^{-6}$$

$$F(s) = \frac{5{,}64 * 10^{-6}}{s} + \frac{-5{,}64 * 10^{-9}s + 8{,}308 * 10^{-6}}{(0{,}001s^2 + 3s + 212765{,}9574)}$$

$$F(s) = \frac{5{,}64 * 10^{-6}}{s} + \frac{-5{,}64 * 10^{-9}s}{(0{,}001s^2 + 3s + 212765{,}9574)} + \frac{8{,}308 * 10^{-6}}{(0{,}001s^2 + 3s + 212765{,}9574)}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} = \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{5{,}64 * 10^{-6}}{s}\right\} - \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{5{,}64 * 10^{-9}s}{(0{,}001s^2 + 3s + 212765{,}9574)}\right\}$$
$$+ \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{8{,}308 * 10^{-6}}{(0{,}001s^2 + 3s + 212765{,}9574)}\right\}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} = 5{,}64 * 10^{-6}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s}\right\} - 5{,}64 * 10^{-9}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{s}{(0{,}001s^2 + 3s + 212765{,}9574)}\right\}$$
$$+8{,}308 * 10^{-6}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{(0{,}001s^2 + 3s + 212765{,}9574)}\right\}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} = 5{,}64 * 10^{-6}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s}\right\}$$
$$-5{,}64 * 10^{-9}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{s}{(0{,}0316227766s + 47{,}4341649)^2 + 210515{,}9574}\right\}$$
$$+8{,}308 * 10^{-6}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{(0{,}0316227766s + 47{,}4341649)^2 + 210515{,}9574}\right\}$$

$$q(t) = 5{,}64 * 10^{-6} - 5{,}64 * 10^{-9}e^{-47{,}4341649t}cos\sqrt{210515{,}9574t}$$
$$+8{,}308 * 10^{-6}e^{-47{,}4341649t}sen\sqrt{210515{,}9574t}$$

$$i(t) = \frac{\left[\begin{array}{c}\left(-98520760497300sen\left(\frac{\sqrt{1052579787t}}{70{,}71}\right)+66883172509cos\left(\frac{\sqrt{1052579787t}}{70{,}71}\right)\right)t \\ +\left(323468226765{,}37sen\left(\frac{\sqrt{1052579787t}}{70{,}71}\right)+476484756731688{,}3cos\left(\frac{\sqrt{1052579787t}}{70{,}71}\right)\right)\sqrt{t}\end{array}\right]e^{-47{,}4341649t}}{25*10^{16}\ t}$$

Realización del segundo ejercicio, ya con la inductancia de la bobina con núcleo de aire, misma que tiene una inductancia de $5{,}7\mu H$ en el circuito primario una capacitancia en el capacitor de encendido de $0{,}47\mu F$, una resistencia en el cable primario de 3Ω y un voltaje primario de $12V$

$$Lq'' + Rq' + \frac{1}{c}q = E(t)$$

$$0{,}0000057q'' + 3q' + \frac{1}{0{,}47 * 10^{-6}}q = 12$$

$$\mathcal{L}\{q^{ll}\} + \mathcal{L}\{q^{l}\} + \mathcal{L}\{q\} = \mathcal{L}\{E(t)\}$$

$$0{,}0000057\left(s^2F(s) - sf(0) - f^{'}(0)\right) + 3\big(sF(0) - f(0)\big)$$

$$+2127659{,}57447F(s) = 12 * \frac{1}{s}$$

$$0{,}0000057s^2F(s) - 0{,}0000057sf(0) - 0{,}0000057f^{'}(0) + 3sF(s) - 3f(0)$$

$$+2127659{,}574F(s) = \frac{12}{s}$$

$$0{,}0000057s^2F(s) - 0{,}0000057(1) + 3sF(s) + 2127659{,}574F(s) = \frac{12}{s}$$

$$0{,}0000057s^2F(s) - 0{,}0000057 + 3sF(s) + 2127659{,}574F(s) = \frac{12}{s}$$

$$F(s)(0{,}0000057s^2 + 3s + 2127659{,}574) = \frac{12}{s} + 0{,}0000057$$

$$F(s)(0{,}0000057s^2 + 3s + 2127659{,}574) = \frac{12 + 0{,}0000057s}{s}$$

$$F(s) = \frac{12 + 0{,}0000057s}{s(0{,}0000057s^2 + 3s + 2127659{,}574)}$$

$$\frac{12 + 0{,}0000057s}{s(0{,}0000057s^2 + 3s + 2127659.574)} = \frac{A}{s} + \frac{Bs + C}{(0{,}0000057s^2 + 3s + 2127659{,}574)}$$

$$12 + 0{,}0000057s = A(0{,}0000057s^2 + 3s + 2127659{,}574) + Bs(s) + Cs$$

$$12 + 0{,}0000057s = 0{,}0000057As^2 + 3As + 212765{,}9574A + Bs^2 + Cs$$

$$0 = 0{,}0000057A + B$$

$$0{,}0000057 \ = 3A + C$$

$$12 = 2127659{,}574A$$

$$A = \frac{12}{2127659{,}574}$$

$$A = 5{,}64 * 10^{-6}$$

$$0 = 0{,}0000057(5{,}64 * 10^{-6}) + B$$

$$B = -3{,}2148 * 10^{-9}$$

$$0{,}0000057 \ = 3(5{,}64 * 10^{-6}) + C$$

$$C = -1{,}122 * 10^{-5}$$

$$F(s) = \frac{5{,}64 * 10^{-6}}{s} + \frac{-3{,}2148 * 10^{-9}s - 1{,}22 * 10^{-5}}{(0{,}0000057s^2 + 3s + 212765{,}9574)}$$

$$F(s) = \frac{5{,}64 * 10^{-6}}{s} + \frac{-3{,}2148 * 10^{-9}s}{(0{,}0000057s^2 + 3s + 212765{,}9574)} + \frac{-1{,}122 * 10^{-5}}{(0{,}0000057s^2 + 3s + 212765{,}9574)}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} = \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{5{,}64 * 10^{-6}}{s}\right\} - \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{3{,}2148 * 10^{-9}s}{(0{,}0000057s^2 + 3s + 212765{,}9574)}\right\} - \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1{,}122 * \ 10^{-5}}{(0{,}0000057s^2 + 3s + 212765{,}9574)}\right\}$$

CIENCIAMATRIA
Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología
Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024
Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721
ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X
Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

$$\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} = 5{,}64 * 10^{-6}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s}\right\} - 3{,}2148 * 10^{-9}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{s}{(0{,}002387467s + 628{,}2808624)^2 - 181970{,}8847}\right\} -1{,}122 * 10^{-5}\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{(0{,}002387467s + 628{,}2808624)^2 - 181970{,}8847}\right\}$$

$$q(t) = 5{,}64 * 10^{-6} - 3{,}2148 * 10^{-9}e^{-628{,}2808624t}cos\sqrt{181970{,}8847t} - 1{,}122 * 10^{-5}e^{-628{,}2808624t}sen\sqrt{181970{,}8847t}$$

$$i(t)\frac{\left[\begin{array}{l}\left(11014548868950000sen\left(\frac{\sqrt{1819708847t}}{100}\right) + 315593306943cos\left(\frac{\sqrt{1819708847t}}{100}\right)\right)t \\ +\left(1{,}07138 * 10^{12}sen\left(\frac{\sqrt{1819708847t}}{100}\right) - 3{,}739 * 10^{15}cos\left(\frac{\sqrt{1819708847t}}{100}\right)\right)\sqrt{t}\end{array}\right]e^{-628{,}2808624t}}{15625 * 10^{14}\ t}$$

La figura 4, muestra el Vl voltaje en la bobina a través de tiempo, Vc voltaje en el capacitor de encendido a través de tiempo, Vr voltaje en la resistencia a través de tiempo e intensidad de corriente a través de tiempo.

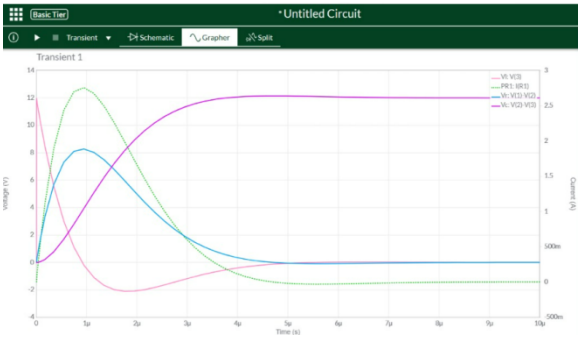

Figura 4. Voltaje de la bobina.
Fuente: Derivada de la revisión documental.

DISCUSIÓN

A lo largo del desarrollo del proyecto, se ha podido apreciar cómo los avances tecnológicos han influenciado de forma positiva en la industria por medio de los resultados arrojados por los diferentes estudios técnicos, tales como osciloscopio, etc. se lograron obtener los diferentes parámetros que fueron usados para estudio y posterior rectificación.

Tras analizar los datos obtenidos durante los estudios, se concluyó que es necesario retirar y reemplazar la bobina de ignición, debido a que no estaba cumpliendo con los estándares esperados. Estos resultados revelaron un desfase en el potencial eléctrico, lo que ocasionó una ignición descalibrada, generando hidrocarburos no combustionados y un molesto cascabeleo en el motor.

CONCLUSIONES

En el proceso de análisis, se emplearon herramientas como ecuaciones diferenciales de segundo orden, transformadas de Laplace, la Ley de Ohm y la Ley de Kirchhoff. A partir de estos planteamientos y sus resoluciones, se identificó una falla en la bobina, la cual no se atribuyó a la antigüedad del vehículo, sino a deficiencias en su desarrollo. Por ende, se propuso la sustitución del núcleo ferroso de la bobina por un núcleo de aire, lo que podría mejorar tanto la eficiencia espacial como el rendimiento general del componente. Además, se observó que el combustible de alto octanaje utilizado por el vehículo, requirió un encendido óptimo, algo que no se logró en este caso, debido a las limitaciones de la bobina existente. Es importante tener en cuenta que el núcleo ferroso presentó una tendencia a la saturación, lo que lo hizo inadecuado para operar en condiciones de altas frecuencias y potencias.

Los estudios técnicos, como el uso de osciloscopios y multímetro, han proporcionado valiosos datos para analizar y rectificar el rendimiento de la bobina de encendido. Estos datos han llevado a concluir que la bobina existente no funcionó de manera eficiente, lo

que motivó la necesidad de su remoción y reemplazo. Además, se utilizó un software de simulación para diseñar un circuito en serie de una bobina con núcleo de aire, lo que permitió comprobar su eficacia.

Las pruebas realizadas con la nueva bobina, utilizando un osciloscopio, han demostrado resultados alentadores. Se ha observado un menor índice de contaminación, gracias a un acercamiento más preciso a la mezcla estequiométrica, así como menos interferencias en los ciclos de funcionamiento del motor. Estos hallazgos sugieren que el rediseño de la bobina tiene un impacto positivo tanto en el rendimiento del vehículo como en la reducción de emisiones contaminantes.

Se sugiere prestar especial atención al funcionamiento óptimo de la bujía para garantizar una combustión eficiente. Además, se destaca la importancia del uso de software de simulación como herramienta fundamental para optimizar el proceso de diseño y evitar el enfoque de "prueba y error". También se recomienda realizar un estudio exhaustivo de los materiales y núcleos de las bobinas disponibles en el mercado automotriz, con el fin de identificar opciones que mejoren aún más el rendimiento y la eficiencia del sistema de encendido.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a quienes contribuyeron con las pruebas de bobina y al total desarrollo del presente estudio.

REFERENCIAS CONSULTADAS

García, A., Saucedo, J., Pérez, Á., y Osornio, R. (2021). Análisis de falla de encendido en motores de combustión utilizando señales de vibración basado en el cálculo y reducción de indicadores estadísticos. [Misfire analysis in combustion engines

using vibration signals based on the calculation and reduction of statistical indicators]. *Científica*, *25*(1), 01-11. https://n9.cl/gsksmk

García, J., Bordelois, A., León, J., Lores, M., García, J., y Bergues, L. (2022). Diseño de bobinas de excitación-recepción para la detección de señales de RMN ^{19}F proveniente del compuesto politetrafluoetileno/óxido de grafeno. [Design of excitation-reception coils for the detection of ^{19}F NMR signals from the polytetrafluoroethylene/grapheme oxide composite]. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, *12*(3), 1-13. https://n9.cl/n9q856

González, W., Aller, J., Lászlo, S., y Horvart, J. (2013). Diseño y construcción de bobinas de calentamiento para hornos de inducción electromagnética. [Design and construction of coils for electromagnetic induction heating]. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, *17*(66), 28-37. https://n9.cl/0pjvp

Hincapié, J., Trejos, A., Moncada, M., y Escobar, A. (2013). Electrónica de potencia para el calentamiento por inducción doméstico: revisión del estado del arte. [Power Electronics for domestic induction heating: a review of the state of the art]. *Ingeniería y Ciencia*, *9*(18), 237-262. https://n9.cl/1zbdo

Mantilla, J., Aguirre, B., y Sarmiento, L. (2008). Evaluación experimental de un motor encendido por chispa que utiliza biogás como combustible. [Experimental evaluation of a spark-ignited engine using biogas as fuel]. *Ingeniería e Investigación*, *28*(2), 131-141. https://n9.cl/6b2f0

Muñoz, N., López, J., y Villada, F. (2018). Deducción de los estados de conmutación para los inversores multinivel VSC-MMC. Descripción orientada a la enseñanza en Ingeniería. [Deduction of commutation states for VSC-MMC multilevel inverters. Description oriented to teaching in engineering]. *Formación universitaria*, *11*(1), 115-126. https://n9.cl/cb5g

Restrepo, A., Franco, E., y Pinedo, C. (2014). Metodología de diseño e implementación de un sistema para generación de campos magnéticos uniformes con bobinas helmholtz cuadrada tri-axial. [A design and implementation methodology of a system to generate uniform magnetic field volume with tri-axial square helmholtz coils]. *Información tecnológica*, *25*(2), 03-14. https://n9.cl/anw9s

Sánchez, J. (2009). Diseño y parametrización de inductores con núcleo de hierro. [Design and parameterization of inductors with iron core]. *Scientia Et Technica*, *XV*(41), 19-24. https://n9.cl/dwoy4

Seuret, D., y Oseguera, S. (2014). Diseño y construcción de bobinas de Rogowski modificadas de bajo costo y alto desempeño. [Design and construction of modified Rogowskicoil of low cost and high performance]. *Nova Scientia*, *6*(12), 219-233. https://n9.cl/dyxhg

Villalba, J., Ferreira, L., Arribas, E., Nájera, A., y Beléndez, A. (2015). Estudio experimental de la inducción electromagnética entre dos bobinas: Dependencia con la corriente eléctrica. [Experimental study of the electromagnetic induction in coils: Dependence on the electric current]. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, *37*(1), 1-7. https://n9.cl/r89zhp

©2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)