

ECO-MOBILITY REVOLUTION IN PASTO, COLOMBIA: SOLAR-POWERED HYBRID VEHICLE PROTOTYPE

Revolución de la ecomovilidad en Pasto, Colombia: prototipo de vehículo híbrido con energía solar

Héctor Gamboa E¹  ; Jorge Chamorro E² 

Citación: Gamboa, H.; Chamorro, J.; Revolución de la ecomovilidad en Pasto, Colombia: prototipo de vehículo híbrido con energía solar. I + T + C Investigación, Tecnología y Ciencia. Vol 1. Num. 17. 2023.

¹ Universidad Mariana; hgamboa@umariana.edu.co

² Universidad Mariana; jchamorro@umariana.edu.co

Resumen: La creciente preocupación por la contaminación y la explotación insostenible de los recursos naturales debido a la alta demanda de combustibles fósiles ha llevado al desarrollo de un prototipo híbrido vehicular con monitoreo GSM. Este proyecto, titulado 'Prototipo híbrido vehicular con sistema de monitoreo GSM', se encuentra en línea con la investigación de diseño y desarrollo mecatrónico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mariana en San Juan de Pasto. El objetivo es reducir las emisiones y los gastos de combustible al aprovechar fuentes de energía más limpias en comparación con los vehículos tradicionales, contribuyendo así a una movilidad más sostenible y a la descarbonización del sector energético. Este proyecto representa un avance tecnológico que busca abordar dos desafíos fundamentales: la utilización de una energía no convencional con su respectivo sistema de monitoreo y la optimización del consumo de combustible en automotores.

Palabras clave: Combustibles fósiles, Energías Renovables, Coche Híbrido, Monitorización, GSM-GPS.

Abstract: The growing concern over pollution and unsustainable exploitation of natural resources due to the high demand for fossil fuels has led to the development of a hybrid vehicle prototype with GSM monitoring. This project, titled 'Hybrid Vehicle Prototype with GSM Monitoring System,' aligns with the mechatronic design and development research at the University of Mariana's Faculty of Engineering in San Juan de Pasto, Colombia. The goal is to reduce emissions and fuel expenses by harnessing cleaner energy sources compared to traditional vehicles, contributing to more sustainable mobility and the decarbonization of the energy sector. This project represents a technological advancement that addresses two fundamental challenges: the use of non-conventional energy sources with their respective monitoring system and the optimization of fuel consumption in automobiles.

Keywords: Fossil fuels, Renewable Energy, Hybrid Car, Monitoring, GSM-GPS.



Derechos de autor: © 2023 por los autores. Presentado para posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY NC SA) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_ES)

Nota del editor: Sello editorial Unicomfauca se mantiene neutral con respecto a los reclamos derivados de este artículo.

1. Introducción

El sistema económico global, construido en gran parte alrededor de los combustibles fósiles que representan aproximadamente el 80% de su energía, enfrenta crecientes preocupaciones debido a la contaminación y la explotación insostenible de recursos no renovables. Esto ha llevado a un enfoque más destacado en la implementación de fuentes

de energía alternativas y renovables [1]. La alta demanda de energía actual de los combustibles fósiles presenta desafíos significativos. No solo son recursos finitos, con reservas agotándose rápidamente, sino que también su quema emite grandes cantidades de CO₂, contribuyendo al calentamiento global [2].

En respuesta a estos desafíos, en el departamento de Nariño, Colombia, en colaboración con la Universidad Mariana, la Facultad de Ingeniería lidera un proyecto innovador: el desarrollo de un prototipo híbrido vehicular con un sistema de monitoreo avanzado. Este prototipo combina la energía de combustión con energía solar, buscando reducir emisiones y optimizar el consumo de combustible. Representa un compromiso sólido con la sostenibilidad y una solución para la movilidad más limpia y eficiente [3]. El sistema de monitoreo GSM recopilará y transmitirá datos para evaluar y validar la localización y velocidad del prototipo. Este enfoque persigue la mejora del rendimiento vehicular y la utilización de una energía no convencional [4]. El propósito central de este proyecto es afrontar de manera integral dos aspectos cruciales en el campo del transporte: la reducción de emisiones contaminantes y la optimización de los costos relacionados con el consumo de combustible, todo ello respaldado por el cumplimiento de los objetivos establecidos.

2. Materiales y métodos

El desarrollo de este proyecto representa una valiosa oportunidad y un desafío en el campo de la ingeniería, ya que busca contribuir e innovar en el uso de una fuente de energía no convencional, con el objetivo de reducir las emisiones y aumentar los beneficios en el contexto del parque automotor. En esta sección se describe la metodología propuesta para abordar todas las etapas del proyecto, que incluyen los requerimientos, el análisis de potencia, el diseño y la construcción, el análisis de comportamiento y los algoritmos de control. Este artículo presenta el desarrollo de un prototipo híbrido vehicular con tecnología GSM, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de una fuente de energía no convencional. El sistema propuesto se compone de las siguientes etapas integradas:

2.1 Estudio de requerimientos

La recolección y sistematización de datos son esenciales para el desarrollo del prototipo de vehículo híbrido. Los vehículos híbridos utilizan sistemas conmutadores para controlar los motores internos, funcionando con un motor eléctrico y un generador adicional en caso de falta de energía. Aunque contribuyen a reducir las emisiones contaminantes, no son sistemas de emisión cero y generan cierta contaminación acústica, aunque menor que los sistemas convencionales, al combinar dos fuentes de energía diferentes: el motor de combustión interna y el motor eléctrico [5].

2.2 Análisis de potencia requerida

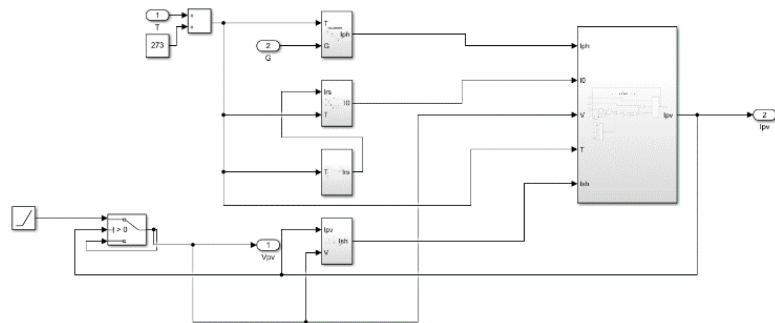
En este proyecto, se llevó a cabo un análisis de la energía necesaria para el funcionamiento de los componentes electrónicos, siendo la potencia el factor predominante en un sistema eléctrico, calculada como el producto del voltaje y la corriente, medida en vatios (W) [6]. Esta información es esencial para evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema, permitiendo la selección adecuada de componentes electrónicos para satisfacer las demandas energéticas del prototipo híbrido vehicular.

Tabla 1. Datos de potencia de elementos

Componentes	cantidad	V	I(mA)	P	h	w/h
Arduino	1	5	0.3	1.50	0.20	3
Modulo Rf	1	5	0.5	2.5	0.20	1
Driver L298N	1	5	0.8	4	0.20	1.6
Motor	1	10-12	1	10	0.20	2
Total			2.6	18		7.9

Aplicando y utilizando el software de simulación Simulink, se realizó un modelado matemático del sistema para conocer el panel requerido con los diferentes estándares matemáticos y de energía. Se implementó ecuaciones de corriente fotovoltaica, la corriente de saturación, la corriente de shunt y términos de comportamiento para evaluar su rendimiento. El modelado matemático obtenido permite simular y analizar el comportamiento respecto a la energía requerida para su funcionamiento [7].

Figura 1. Modelado matemático Simulink

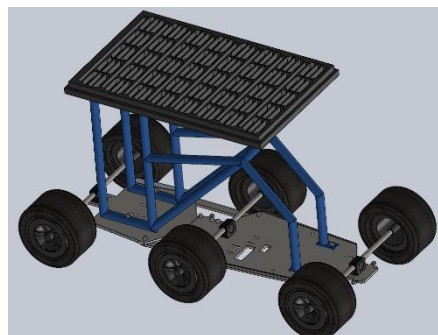


Se integraron las características del panel fotovoltaico seleccionado para incorporar su funcionamiento al sistema. Estas características son fundamentales para garantizar un adecuado rendimiento y aprovechamiento de la energía solar.

2.3 Diseño de Modelado 3D

El diseño se basó en el modelado 3D utilizando el software de diseño asistido por computadora (CAD) SolidWorks ya que posee herramientas versátiles y precisas con capacidades asociativas bidireccionales y paramétricas para todas las aplicaciones [8]. Se crearon piezas con dimensiones precisas, sujetas a posibles cambios en relación medidas a escalas del prototipo automotor, las cuales se acotaron en milímetros. Para desarrollar los componentes, se utilizaron operaciones de croquizado y aplicaciones específicas dentro del software. Se llevó a cabo un estudio exhaustivo de los requisitos y se establecieron parámetros de diseño tanto para el sistema de combustión como para el sistema híbrido. Con esta información, se desarrollaron nuevos diseños de chasis que se detallarán a continuación, permitiendo un proceso de retroalimentación constante y mejoras continuas en la fabricación del prototipo.

Figura 2. Modelado del prototipo

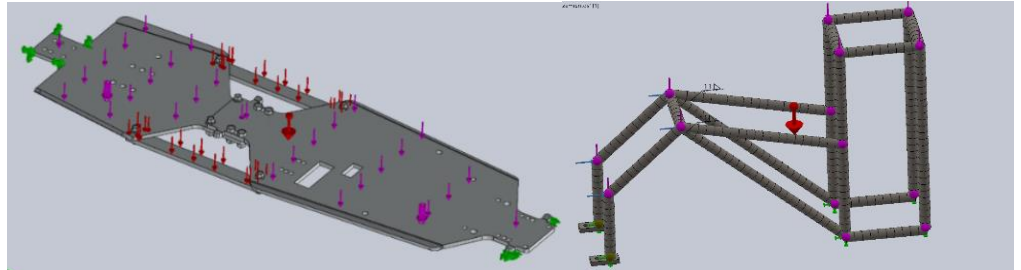


2.4 Análisis de elementos finitos

El análisis de elementos finitos (FEA) es una técnica utilizada en el software de diseño asistido por computadora (CAD) como SolidWorks para evaluar el comportamiento de una estructura o componente frente a diferentes condiciones de carga y restricciones. En SolidWorks, el análisis de elementos finitos se basa en la división de la geometría en

elementos más pequeños, conocidos como elementos finitos, que representan una parte de la estructura. Estos elementos finitos se someten a cálculos matemáticos y se aplican diferentes condiciones de carga, tales como fuerzas, presiones o restricciones, para simular el comportamiento real del componente [9]. Permite obtener información detallada sobre factores como la deformación, el estrés y la vibración en una estructura o componente.

Figura 3. Condiciones de apoyo y carga elementos



2.5 Control híbrido

El Implementar un sistema comunicación inalámbrica (IoT) se busca soluciones que varíen respecto a eficiencia, costo, dificultad e implementación [10]. Teniendo en cuenta las características se descartó y optó por la comunicación RF. Un mismo módulo como transceptor RF con una velocidad programable de 250Kbps hasta 2Mbps como es el nrf24l01 [10]. Para el montaje de los controladores se reitera tener en cuenta los pines de conexión SPI, el pin IRQ como una interrupción en la ejecución del protocolo SPI.

Figura 4. Diagrama esquemático transmisor

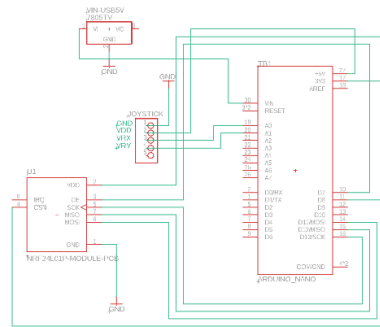
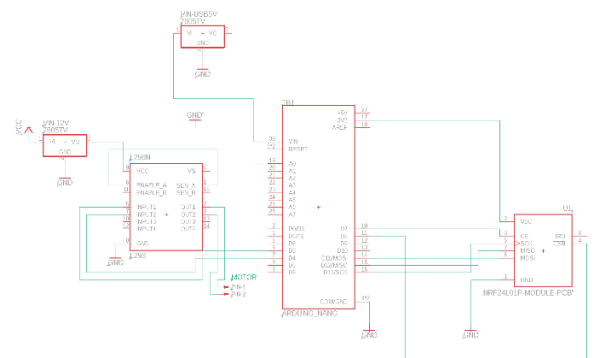


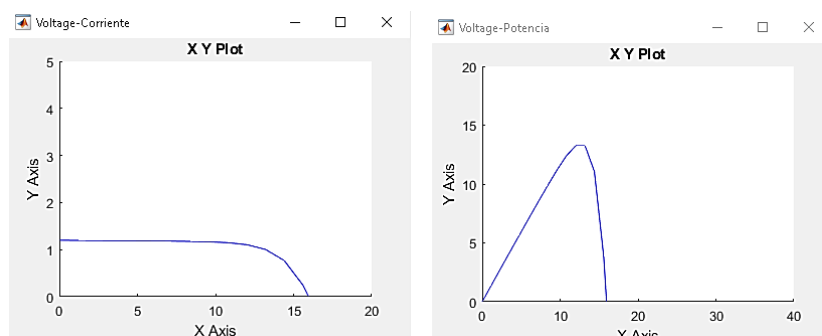
Figura 5. Diagrama esquemático receptor



3. Resultados

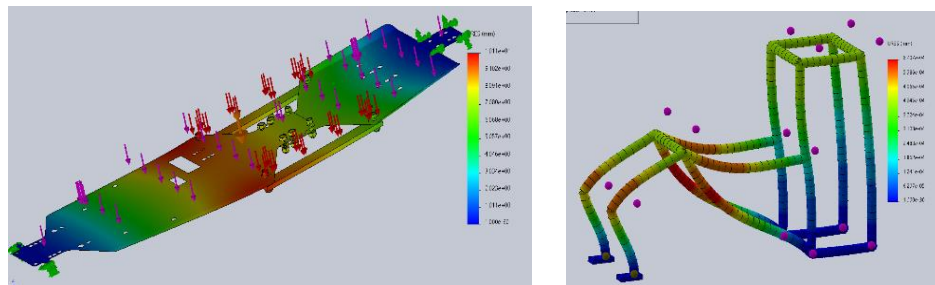
Este artículo describe el desarrollo a través del análisis del comportamiento del sistema son fundamentales para la validación y optimización continua del prototipo. La figura 6 proporciona una representación gráfica clara de cómo el sistema satisface las necesidades de potencia requeridas, lo que respalda la viabilidad y el éxito del desarrollo del sistema híbrido.

Figura 6. Graficas Simulink obtenidas



En el área de comportamiento FEA se obtuvo unas deformaciones al analizar las tensiones aplicadas de sujeciones cada uno de los extremos del chasis con una fuerza entre 4.1^1 a 7.08^1 $kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$. Se observa el comportamiento que arroja con un desplazamiento de $1.89mm \approx 0.18$ cm y una fuerza de colapso entre 1.37^9 a 2.06^9 $kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$. Por parte de la estructura, En primer lugar, se seleccionó los sólidos para modificarlos en vigas ya que es un elemento de estructura soldada y se aplica la fuerza en aquellas juntas (uniones de soldadura) entre $0.1kgf$ a $1kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$ a una gravedad de 9.8 m/s², donde su desplazamiento máximo puede llegar a ser de $0.62mm \approx 0.062$ cm y una fuerza de colapso entre 5.13^3 $kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$ a 1.18^4 $kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$.

Figura 7. Resultado de tensiones aplicadas



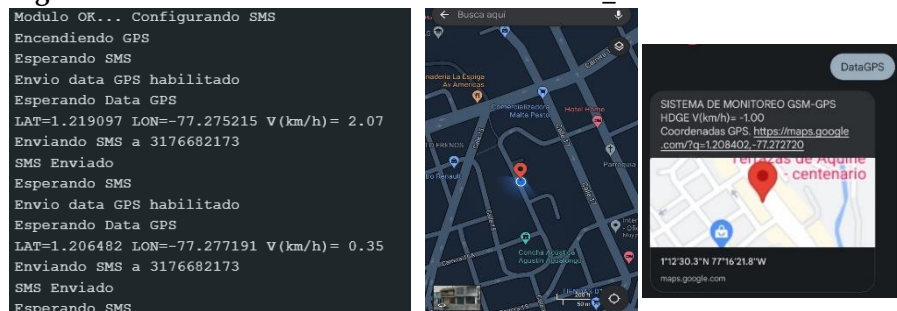
El enfoque principal en la construcción y montaje fue garantizar que el prototipo cumpliera con altos estándares de calidad y que reflejara las aspiraciones y objetivos del proyecto. Se tuvo en cuenta la selección cuidadosa de componentes y la integración adecuada de las diferentes partes del sistema para su funcionamiento.

Figura 8. Resultado de ensamble de componentes



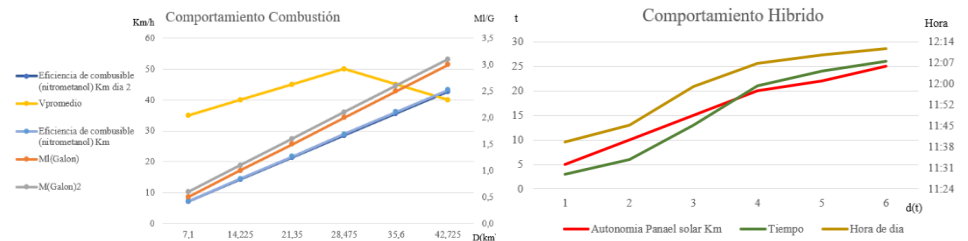
En los algoritmos las pruebas de funcionamientos se realizaron en un software de simulación y se trabaja en el perfeccionamiento de las variables a monitorear para conocer el rendimiento del automotor [11]. Como anexo al complemento anterior, se realizó el montaje del sistema de posicionamiento GPS con el módulo SIM808 como complemento al controlador obteniendo los valores solicitados en el monitor serial y solicitados por el usuario de la siguiente manera:

Figura 9. Resultado del sistema de monitoreo GPS_VEL



El sistema de monitoreo GSM está enfocado en corregir errores y asegurar la transmisión precisa de datos al servidor. El objetivo fue un funcionamiento óptimo en el prototipo híbrido vehicular. Actualmente, se trabajó su comportamiento más adecuado frente a su velocidad y localización [12]. Esta validación fue esencial para garantizar un rendimiento eficiente y confiable del sistema de monitoreo.

Figura 10. Graficas de comportamiento finales



4. Conclusiones provisionales

En el ámbito de eficiencia energética, se aplicó dos formas de alimentación para mejorar el rendimiento. Esto se debe a la combinación de la energía generada por el motor de combustión interna y la fuente de energía solar fotovoltaica, permitió un aprovechamiento más eficiente de los recursos y una reducción en los costos de combustible.

En cuanto a la reducción de emisiones frente a la prueba piloto se optó la disminución significativa de los gases de efecto invernadero emitidos por el prototipo híbrido vehicular en comparación con los vehículos convencionales. Se optimizó el funcionamiento del vehículo con su alimentación solar con resultados exitosos y factibles respecto a los arquetipos de comparación.

En el área de control y monitoreo, se logró implementar de manera exitosa el sistema de monitoreo GSM. Esto permitió la transmisión de datos y la comunicación en tiempo real con una central de procesamiento, lo cual resulta fundamental para la evaluación y mejora continua del rendimiento del vehículo. Estos resultados demuestran la viabilidad y los beneficios del prototipo híbrido vehicular con sistema de monitoreo GSM en términos de eficiencia energética, localización y futuras aplicaciones. Los hallazgos obtenidos respaldan la importancia de continuar investigando y desarrollando soluciones innovadoras en el campo de la movilidad sostenible y la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables.

Referencias

- [1] "Vista de Dinámica de la penetración de tecnologías alternativas para vehículos automotores y su impacto en las concentraciones de carbono atmosférico". Portal de Revistas UN. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/view/26661/27002> (accedido el 30 de mayo de 2023).
- [2] [1] L. Nurhadi, S. Borén, H. Ny, y T. Larsson, "Competitiveness and sustainability effects of cars and their business models in Swedish small town regions", J. Clean. Prod., vol. 140, pp. 333–348, 2017.
- [3] S. Hoyos, C. J. Franco, y I. Dynner, "Integración de fuentes no convencionales de energía renovable al mercado eléctrico y su impacto sobre el precio", Ing. Cienc., vol. 13, núm. 26, pp. 115–146, 2017.
- [4] I. Capellán-Pérez, M. Mediavilla, C. de Castro, Ó. Carpintero, y L. J. Miguel, "Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socio-económicos: un enfoque integrado", Uva.es. [En línea]. Disponible en: http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/09/Capellanetall2014_esp.pdf.

- [5] D. A. Cajamarca Tigre y V. E. García Toledo, "Determinación de las ventajas ambientales que presenta un vehículo híbrido respecto a un vehículo normal de similares características", 2010.
- [6] J. A. Marroyo y J. Garcia Lopez. "TRABAJO, POTENCIA Y ENERGÍA", 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316167304_TRABAJO_POTENCIA_Y_ENERGIA
- [7] G. Uía, C. Omplementaria, A. Paneles, F. Autor, y M. R. Canales, "GUÍA COMPLEMENTARIA ANB", 2017.
- [8] "Diseño de una camilla con cilindro hidráulico - Repositorio Institucional de Documentos", Universidad de Zaragoza, 2012. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/7687?ln=es>. [Consultado: 22-may-2023].
- [9] J. T. C. Lizarza, "Método de los Elementos Finitos para Análisis Estructural", Core.ac.uk.
- [10] [11] T. Gagliardi, "Análisis de la comunicación de radio frecuencia con módulos nRF24L01", Universidad Nacional de La Plata, 2019.
- [11] Y. Bedoya Giraldo, C. F. Salazar Giraldo, y J. F. Muñoz Lozano, "Implementación, control y monitoreo de un sistema de Seguridad vehicular por redes GSM/GPRS", 2013.
- [12] M. G. López, "Control de lazo abierto de la velocidad de un motor de inducción utilizando PWM con vectores espaciales", 2001.