EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Propuesta de implementación de un sistema solar fotovoltaico como fuente alternativa de energía para un modelo más sustentable en el centro de diagnóstico automotriz EL COCHE, Ocaña

Mayron Alberto Córdoba Miranda, Jhon Arévalo Toscano, Eder Norberto Flórez Solano

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña, Colombia

Resumen

La investigación se enfocó en la propuesta de un sistema de paneles solares fotovoltaicos para ser implementados en el Centro de Diagnóstico Automotor (CDA) El Coche, con el objetivo de optimizar el consumo energético y reducir los costos de facturación eléctrica. Además, busca promover el uso de fuentes de energía renovable como alternativa sostenible a la dependencia de la red eléctrica convencional. Para su desarrollo, se realizó un análisis detallado de los patrones de consumo energético del último año, lo que permitió dimensionar el sistema adecuadamente. Se determinó la cantidad óptima de paneles solares con base en datos de irradiación solar obtenidos de la base de datos de la NASA, que indicaron un promedio de 4,4 kWh/m². Asimismo, se evaluó el consumo eléctrico de los equipos de la empresa y se analizaron los datos de facturación, identificando una potencia pico de 14.500 W. A partir de estos cálculos, se estableció la necesidad de instalar 32 paneles solares de aproximadamente 500 W cada uno. El estudio también incluyó un análisis financiero que demostró la viabilidad económica del proyecto. Se estimó un retorno de inversión de aproximadamente siete años, lo que representa un período corto en comparación con la vida útil del sistema solar. Además, se realizó un análisis de retorno de inversión (ROI) basado en la información financiera proporcionada por la empresa, confirmando que la implementación del sistema fotovoltaico generaría ahorros significativos en costos operativos y contribuiría a la sostenibilidad ambiental. Finalmente, se concluyó que la instalación de los paneles solares no solo es económicamente viable, sino que también optimiza el uso de la energía y fomenta la transición hacia fuentes renovables. Se recomendó la evaluación de múltiples proveedores y la capacitación del personal para garantizar un uso eficiente del sistema y maximizar sus beneficios a largo plazo.

Palabras clave: paneles solares fotovoltaicos; irradiación solar; consumo energético; retorno de inversión; sostenibilidad

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4400

Abstract

The research focused on proposing a photovoltaic solar panel system for implementation at the El Coche Automotive Diagnostic Center (CDA), aiming to optimize energy consumption and reduce electricity billing costs. Additionally, it seeks to promote the use of renewable energy sources as a sustainable alternative to dependence on the conventional power grid. For its development, a detailed analysis of energy consumption patterns over the past year was conducted, allowing for an adequate system sizing. The optimal number of solar panels was determined based on solar irradiation data obtained from NASA's database, which indicated an average of 4.4 kWh/m². Likewise, the company's equipment electricity consumption and billing data were evaluated, identifying a peak power demand of 14,500 W. Based on these calculations, the need to install 32 solar panels of approximately 500 W each was established. The study also included a financial analysis demonstrating the economic feasibility of the project. A return on investment (ROI) of approximately seven years was estimated, representing a short period compared to the solar system's lifespan. Additionally, an ROI analysis based on the company's financial information confirmed that the implementation of the photovoltaic system would generate significant savings in operating costs and contribute to environmental sustainability. Finally, it was concluded that installing solar panels is not only economically viable but also optimizes energy use and fosters the transition to renewable sources. It was recommended to evaluate multiple suppliers and provide staff training to ensure efficient system usage and maximize long-term benefits.

***Keywords**: photovoltaic solar panels; solar radiation; energy consumption; return on investment; sustainability*

1. Introducción

En la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes frente a los desafíos energéticos actuales, las energías renovables se han consolidado como una alternativa clave para reducir la dependencia de fuentes fósiles y mitigar el impacto ambiental de la generación eléctrica. Entre estas tecnologías, los sistemas solares fotovoltaicos se destacan por su versatilidad, disponibilidad y bajo impacto ambiental. Su implementación en entornos urbanos, industriales e institucionales permite aprovechar el recurso solar para generar electricidad limpia, reduciendo así los costos operativos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, su viabilidad económica ha sido ampliamente respaldada por estudios que demuestran retornos de inversión favorables a corto y mediano plazo (Rhenals-Julio et al., 2025).

El presente proyecto fue desarrollado en el Centro de Diagnóstico Automotriz (CDA) El Coche, con el objetivo general de diseñar una propuesta de sistema solar fotovoltaico que cubriera las necesidades energéticas de la empresa. Inicialmente, se determinó el consumo energético durante un año del CDA, lo cual permitió identificar patrones de uso y establecer el dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico. Para ello, se utilizó la plataforma NASA POWER, considerando parámetros como la irradiancia solar, la incidencia de la luz y el rendimiento de la instalación, con el fin de calcular la cantidad óptima de paneles solares necesarios.

Una vez definida la capacidad del sistema, se contactaron diferentes proveedores para obtener cotizaciones; sin embargo, solo se recibió respuesta por parte de la empresa AutoSolar, cuya información fue utilizada para evaluar la viabilidad económica del proyecto. Este análisis incluyó la estimación del presupuesto de inversión, el consumo proyectado y el número de paneles requeridos.

Adicionalmente, se desarrolló un análisis de retorno de inversión (ROI) basado en la información financiera proporcionada por la empresa, el cual mostró que la inversión en el sistema fotovoltaico se recuperaría en un corto período, generando ahorros significativos en los costos operativos y aportando a la sostenibilidad ambiental de la organización.

El proyecto también contempló una revisión detallada de cada pista de diagnóstico y los procedimientos asociados al proceso de revisión vehicular, lo que permitió comprender mejor las operaciones diarias y su implicación en el consumo energético.

Finalmente, se formularon una serie de recomendaciones para futuros proyectos similares, enfatizando la importancia de considerar múltiples proveedores para obtener cotizaciones más competitivas, capacitar al personal técnico en la operación y mantenimiento del sistema, y explorar opciones de financiamiento que faciliten la inversión inicial. Estas recomendaciones buscan apoyar el desarrollo de proyectos fotovoltaicos eficientes, asegurando una implementación exitosa que contribuya al uso racional de los recursos y a la sostenibilidad ambiental y económica de las empresas.

2. Metodología

La metodología que se aplicó en este proyecto corresponde a un enfoque cuantitativo-descriptivo (Ruiz, 2012) y aplicado, donde se busca diseñar una solución técnica (sistema fotovoltaico) basada en la recolección y análisis de datos reales. El estudio se desarrolló en tres fases que permitieron avanzar en el diseño para la implementación del sistema de paneles solares para la empresa CDA-El Coche, ubicada en Ocaña, Norte de Santander.

Para el desarrollo del proyecto se trabajó en tres fases, la primera corresponde a un estudio en la cual se revisa la documental de la empresa correspondiente a las facturas de energía y encuestas al personal de la empresa, luego se realizó u calculo para determinar la cantidad de paneles solares necesarios para suplir la demanda energética de la empresa, utilizando datos de la plataforma NASA Power, así como parámetros de irradiación solar y rendimiento del sistema. Dentro de las actividades realizadas comprenden la inspección de las áreas disponibles para la instalación, el análisis de condiciones climáticas, la definición de la orientación e inclinación óptima de los paneles, el cálculo de la capacidad de generación y la selección de componentes del sistema, finalmente, se desarrolló un estudio con las distintas opciones presupuestales para terminar con el cálculo financiero del retorno de inversión (ROI).

3. Resultados

El proyecto se enfocó en el diseño para la implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos para la empresa CDA **El Coche**. Cuya misión es ofrecer el servicio de revisión técnico-mecánica y análisis de gases, con calidad y responsabilidad, contribuyendo a la prevención de accidentes y a reducir la contaminación ambiental. El objetivo de esta investigación es analizarlos costos para la implementación de un sistema de paneles fotovoltaicos con el fin de reducir los costos de facturación asociados a la electricidad consumida por la empresa. La primera actividad desarrollada es conocer la empresa, en la Figura 1 se muestran algunas imágenes y algunos de los equipos que consumen energía.

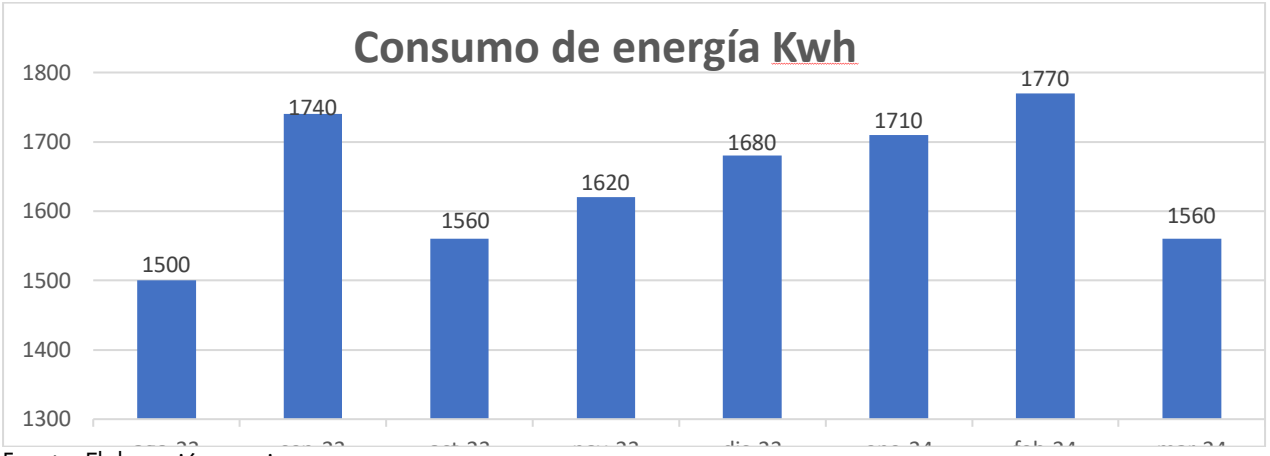
Figura 1.Imágenes de la empresa CDA El Coche.



Fuente. CDA el Coche

Se recopilaron datos históricos de consumo eléctrico durante un periodo determinado, incluyendo facturas de electricidad y registros internos de consumo, con esta información se crearon gráficas de barras que mostraban el consumo eléctrico mensual en kilovatios-hora (kWh). Estas gráficas permitieron visualizar claramente las tendencias de consumo a lo largo de los 8 meses anteriores, lo podremos visualizar en la Figura 2.

Figura 2. Grafica del Consumo de energía de la Empresa CDA El Coche en Kwh.



Fuente. Elaboración propia.

El análisis del consumo energético de CDA El Coche revela una dinámica interesante en la que se observa una variabilidad significativa en el consumo de energía eléctrica a lo largo del año. Esta variabilidad parece estar influenciada por periodos de sobrecarga de trabajo en ciertos meses, lo que resulta en un aumento notable en el gasto energético durante esos períodos específicos.

Se recopilaron datos detallados sobre los horarios de operación, los equipos eléctricos utilizados y las necesidades energéticas de cada departamento en CDA El Coche, mediante encuestas verbales al personal. Este análisis es crucial para identificar las principales fuentes de consumo de energía dentro de la empresa y planificar estrategias para optimizar el uso de electricidad, centrado en dos áreas clave: en la Figura 3 se muestra el valor promedio de la energía el área administrativa y la zona de pistas, de acuerdo con cada equipo analizado.

Figura 3. Valor promedio de la energía por equipo en el área administrativa y la zona de pistas.

	
Zona administrativa Energía promedio: 1076,95 kWh/mes	Zona de pistas Energía promedio: 728,68 kWh/mes
DEMANDA PROMEDIO TOTAL DE ENERGÍA =1802kWh/mes	

Fuente. CDA El Coche.

Utilizando la plataforma NASA POWER, se obtuvieron datos precisos de irradiancia solar anual para la ubicación de la empresa de CDA El Coche (latitud 8.243882, longitud -73.350632). Esta plataforma proporciona datos climatológicos y de energía solar de alta resolución, basados en observaciones y modelos satelitales. Los datos obtenidos incluyen la irradiancia solar medida en kilovatios hora por metro cuadrado por día (kWh/m^2/día) a lo largo de todo un año, considerando las variaciones estacionales y climáticas específicas de la ubicación.

A continuación, en la Figura 4 se muestra la irradiancia anual para una superficie Horizontal esta información es esencial para dimensionar correctamente el sistema fotovoltaico y garantizar que la instalación maximice su producción de energía, contribuyendo así a la reducción de los costos energéticos y la promoción de la sostenibilidad ambiental.

Figura 4. Irradiancia anual.

		Irradiación solar para superficies horizontales orientadas al ecuador	Irradiación solar para el ecuador orientado hacia la latitud menos 15 de inclinación	Irradiación solar para la inclinación de la latitud orientada hacia el ecuador	Irradiación solar para el ecuador orientado hacia Latitude Plus 15 Tilt	Irradiación solar para superficies verticales orientadas al ecuador
MES	N	H_h [kWh/(m^2.día)]	H_T [kWh/(m^2.día)]	H_T [kWh/(m^2.día)]	H_T [kWh/(m^2.día)]	H_T [kWh/(m^2.día)]
JAN	31	4,99	4,69	5,26	5,57	3,51
FEB	28	5,25	5,04	5,42	5,53	2,90
MAR	31	4,83	4,74	4,86	4,75	2,01
APR	30	4,54	4,53	4,49	4,25	1,61
MAY	31	4,79	4,83	4,68	4,32	1,72
JUN	30	5,17	5,26	5,00	4,52	1,70
JUL	31	5,36	5,45	5,19	4,71	1,72
AUG	31	5,40	5,43	5,30	4,92	1,69
SEP	30	5,24	5,20	5,23	5,03	1,90
OCT	31	4,79	4,68	4,87	4,84	2,39
NOV	30	4,44	4,27	4,59	4,70	2,74
DEC	31	4,65	4,38	4,91	5,20	3,39
ANN		**4,95**	**4,88**	**4,98**	**4,86**	**2,27**

Fuente. Plataforma Nasa Power

Con la información anterior para nuestro caso, utilizaremos el consumo energético mensual proporcionado por las facturas de electricidad. Esta decisión se basa en que la diferencia entre el consumo energético calculado por equipo y el mostrado en las facturas es mínima, como el valor de las facturas es un dato real se analiza el factor de energía para poder seleccionar el mes más crítico y poder realizar el cálculo del número de paneles con este valor, en la Figura 5 podemos observar los datos de consumo, radiación y poder definir el factor de energía para cada mes.

Figura 5. Factor de energía para cada mes.

Mes	Consumo de energia Kw	Radiación kWh/m2	Días	Energía consumida kWh diaria	Factor de energía para cada mes
Enero	1710	4,99	31	55,1612903	0,09046199
Febrero	1770	5,25	28	63,2142857	0,08305085
Marzo	1560	4,83	31	50,3225806	0,09598077
Abril		4,54	30	0	0
Mayo		4,79	31	0	0
Junio		5,17	30	0	0
Julio		5,36	31	0	0
Agosto	1500	5,4	31	48,3870968	0,1116
Septiembre	1740	5,24	30	58	0,09034483
Octubre	1560	4,79	31	50,3225806	0,0951859
Noviembre	1620	4,44	30	54	0,08222222
Diciembre	1680	4,65	31	54,1935484	0,08580357

'Fuente. Elaboración propia.

Al analizar los valores, notamos que noviembre presenta el menor factor de energía, con un valor de 0.0822. Este valor es crucial, ya que indica que trabajaremos específicamente sobre el mes de noviembre, considerando el día 319 del calendario gregoriano (o el día 320 en años bisiestos). En términos prácticos, esto corresponde al 15 de noviembre.

Cálculos para determinar el número de paneles

Para avanzar con el diseño y dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, utilizaremos las ecuaciones mencionadas en el libro Handbook of Photovoltaic Science and Engineering (Luque & Hegedus, 2003). Este cálculo es fundamental para determinar lo que influye directamente en la captación de energía solar por los paneles.

La radiación directa sobre el plano inclinado

$$\boldsymbol{H_{(\beta,\alpha)} = 2299,368620 Wh/m2}$$

La radiación difusa

$$\boldsymbol{D_{(\beta,\alpha)} = 2049.320772 Wh/m2}$$

La radiación Albedo

$$\boldsymbol{AL_{(\beta,\alpha)} = 6,745357663 Wh/m2}$$

Finalmente, para obtener la radiación total sobre el plano inclinado $\boldsymbol{G_{(\beta,\alpha)}}$, sumamos las tres componentes calculadas:

$$\boldsymbol{G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}}$$

donde:

- $\boldsymbol{G_{(\beta,\alpha)}}$ es la radiación total sobre el plano inclinado,
- $\boldsymbol{H_{(\beta,\alpha)}}$ es la radiación directa sobre el plano inclinado,
- $\boldsymbol{D_{(\beta,\alpha)}}$es la radiación difusa sobre el plano inclinado,
- $\boldsymbol{AL_{(\beta,\alpha)}}$ es la radiación albedo sobre el plano inclinado.

Este cálculo nos proporciona una estimación precisa de la radiación solar total que llega a los paneles fotovoltaicos instalados en un plano inclinado. Considerar todas estas componentes es crucial para el diseño y la optimización del sistema fotovoltaico, asegurando que se maximice la captación de energía solar en diversas condiciones atmosféricas y de reflectancia del entorno.

$$\boldsymbol{G_{(\beta,\alpha)} = 4355,434850 Wh/m2}$$

Una vez completados los cálculos previos, procedemos a calcular el consumo medio de energía diario. Este paso es fundamental para entender cuánta energía se consume habitualmente y así dimensionar adecuadamente un sistema de generación de energía, que pueda cubrir estas necesidades de manera eficiente y sostenible.

$$\mathbf{L_{md}} = \frac{\mathbf{Lmd_{DC}} + \frac{\mathbf{Lmd_{AC}}}{\mathbf{n_{inv}}}}{\mathbf{n_{bat}} * \mathbf{n_{con}}}$$

Donde:

- $L_{md} = Consumo\ medio\ de\ energia\ diario$

- $Lmd_{DC} = consumo\ de\ energia\ contio$
- $Lmd_{AC} = Consumo\ de\ energia\ Alteno$
- $n_{inv} = Rendimiento\ del\ inversor$
- $n_{bat} = Rendimiento\ de\ la\ bateria$
- $n_{con} = Rendimiento\ del\ convertidor$

Consumo medio de energía diario en la vivienda

$$\boldsymbol{L_{md} = 63157,89474Wh}$$

La hora pico solar se calcula a partir de la radiación total sobre el plano inclinado $\boldsymbol{G_{(\beta,\alpha)}}$,que hemos determinado previamente. Este valor nos proporciona una medida precisa de la cantidad total de energía solar que llega a los paneles instalados en la orientación y la inclinación específicas.

$$\boldsymbol{HPS_{(h)} = \frac{G_{(\beta,\alpha)}}{1000(\frac{W}{m2})}}$$

La hora pico solar

$$\boldsymbol{HPS_{(h)} = 4,355434850\ horas}$$

Una vez que hemos calculado las horas pico solares, procedemos a determinar la potencia pico necesaria del sistema fotovoltaico. Esta potencia pico representa la capacidad máxima de generación de energía que el sistema debe tener para satisfacer la demanda de energía de la vivienda o instalación en los momentos de máxima radiación solar.

Para calcular la potencia pico necesaria $\boldsymbol{P_P}$, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{P_P = \frac{L_{md}}{HPS}}$$

donde:

- $\mathbf{L_{md}}$ es la energía total consumida en un período de tiempo específico (por ejemplo, diaria o mensual),
- $\boldsymbol{HPS_{(h)}}$ es La hora pico solar

$$\boldsymbol{P_P = 14500,93982\ watt}$$

Ahora procedemos a calcular la cantidad de paneles solares necesarios, teniendo en cuenta los módulos solares o paneles individuales que componen el sistema fotovoltaico. Este paso es crucial para determinar la configuración adecuada del sistema y asegurar que pueda satisfacer la demanda energética de la vivienda de manera efectiva y eficiente.

$$\boldsymbol{N_P = \frac{P_p}{0,9 * P_{modulo}}}$$

donde:

- $\boldsymbol{P_p}$ es la Potencia pico del sistema
- $\boldsymbol{P_{modulo}}$ Potencia de los modulos solares (este valor depende al fabricante en este

caso tomaremos paneles de 500W, que es el valor de la potencia solar fotovoltaica)

$$N_P = 32\ paneles$$

Con la cantidad de paneles y la potencia definida se evalúan diferentes opciones de presupuestos y modelos de inversión para la implementación del sistema solar fotovoltaico para que se identifique la opción más rentable y adecuada para la empresa permitiendo obtener ahorros en los costos de instalación, se centra en encontrar la mejor estrategia económica para la implementación de un sistema fotovoltaico. Para cumplir con este objetivo, se realizaron diversas solicitudes de cotización a varias empresas que ofrecen servicios de kits de paneles solares. De todas las solicitudes enviadas, solo una empresa respondió con una cotización detallada y confiable: AutoSolar. Al evaluar esta cotización, se consideró no solo la capacidad de producción del kit solar, sino también la confiabilidad y calidad de los componentes incluidos. La producción diaria de 57,600 Wh/día asegura que incluso en días con menos sol, el sistema puede generar suficiente energía para cubrir nuestras necesidades. Además, la potencia instalada de 16,000 W proporciona una reserva de energía adecuada para picos de consumo y posibles expansiones futuras.

Para culminar con el trabajo se presentar un análisis de Retorno de Inversión (ROI) que demuestre la rentabilidad de la inversión en el sistema fotovoltaico. Este análisis proporcionará a la empresa una base confiable sobre la cual pueda tomar la decisión de proceder con la instalación de los paneles solares, considerando que este proyecto está diseñado para generar beneficios a largo plazo, con la información proporcionada, nuestros cálculos sugieren que el ROI se recupera aproximadamente en 7 años. Sin embargo, es importante señalar que, en escenarios reales, este retorno de inversión puede variar(Montañez et al., 2018).

4. Conclusiones

El cálculo de los 32 paneles solares de 500 W, basado en datos de irradiancia solar de NASA Power y en parámetros de incidencia y rendimiento del sistema, permitió dimensionar con precisión los equipos necesarios para satisfacer la demanda energética del CDA El Coche. Este análisis técnico garantiza una instalación eficiente, optimizando los recursos solares disponibles y asegurando un suministro energético sostenible.

Además, a pesar de las limitaciones encontradas en la etapa de cotización, el análisis económico evidenció la viabilidad financiera del proyecto, con un retorno de inversión estimado en aproximadamente siete años, lo cual resulta favorable considerando la prolongada vida útil del sistema. En consecuencia, la implementación del sistema fotovoltaico se considera tanto técnica como económicamente viable.

5. Referencias

Artículos de revistas

- Montañez, J. A., Vargas, J. L., Trujillo, E. M., & Palacios, S. S. (2018). Análisis De Factibilidad Del Diseño De Un Sistema Solar Fotovoltaico En La Escuela Campo 45 Del Corregimiento Centro De La Ciudad De Barrancabermeja Feasibility Analysis of a Solar Photovoltaic System Design in the School Campo 45 of the Center Rural Zone. *Agricolae & Habitat*, *1*, 39–49. http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/article/viewFile/2785/3045 https://doi.org/10.22490/26653176.2785
- Rhenals-Julio, J. D., Martínez, H. A., Oviedo, M. D., Arango, J. F., & Fandiño, J. M. M. (2025). Economic Assessment of the Potential for Renewable Based Microgrids Generation Systems: An Application in a University Building. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *15*(1), 206–212. https://doi.org/10.32479/ijeep.17423

Libros

- Luque, A., & Hegedus, S. (2003). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. In *WILEY* (Vol. 129). https://doi.org/10.1002/0470014008
- Ruiz, H. M. (2012). *Metodología de la investigación Héctor Martínez Ruiz*.

Fuentes electrónicas

- Unidad de Planeación Minero nergética de Colombia (UPME). (2023). Eficiencia energética. Consultado el 08 de mayo de 2023 https://www1.upme.gov.co/

Sobre los autores

- **Mayron Alberto Córdoba Miranda**. Ingeniero Mecánico, Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña. Egresado. macordobam@ufpso.edu.co
- **Jhon Arévalo Toscano**. Ingeniero Mecánico, Especialista en Docencia Universitaria, Maestría en Recursos Energéticos de la Universidad de Santander. Docente. jarevalot@ufpso.edu.co
- **Éder Norberto Flórez Solano**. Ingeniero Mecánico, Doctor en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Docente tiempo completo de la UFPS seccional Ocaña. enflorezs@ufpso.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)