

Análisis de la reducción de emisiones contaminantes en procesos de fabricación metálica mediante energías renovables

Analysis of the reduction of polluting emissions in metal manufacturing processes using renewable energy

Tnlgo. Anderson Israel Quishpe Minda, Tnlgo. Cesar Isaías Guaman Proaño, Ing. Santiago Isaac Bustamante Sánchez, Ing. Kleber Javier Barba Barba.

INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA: IMPACTO MULTIDISCIPLINAR

Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025

- ✓ Recibido: 21 /02/2025
- ✓ Aceptado: 27/02/2025
- ✓ Publicado: 30/06/2025

PAÍS

- Ecuador- Santo Domingo
- Ecuador- Santo Domingo
- Ecuador- Santo Domingo
- Ecuador- Santo Domingo

INSTITUCIÓN

Instituto Superior Tecnológico Tsachila
Instituto Superior Tecnológico Tsachila
Instituto Superior Tecnológico Tsachila
Instituto Superior Tecnológico Tsachila

CORREO:

-  andersonquishpeminda@tsachila.edu.ec
-  cesarguamanproano@tsachila.edu.ec
-  santiagobustamante@tsachila.edu.ec
-  kleberbarba@tsachila.edu.ec

ORCID:

-  <https://orcid.org/0009-0001-7115-212X>
-  <https://orcid.org/0009-0000-7860-7935>
-  <https://orcid.org/0000-0001-6273-4075>
-  <https://orcid.org/0009-0004-2068-1955>

FORMATO DE CITA APA.

Quishpe, A. Guaman, I. Bustamante, S. Barba, K. (2025). Análisis de la reducción de emisiones contaminantes en procesos de fabricación metálica mediante energías renovables. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1). 1949 – 1966.

Resumen

En el presente estudio basado en analizar la reducción de emisiones contaminantes en procesos de fabricación metálica mediante energías renovables se evaluó la incorporación de las energías renovables más eficientes para sustituir fuentes tradicionales de energía y el uso de combustibles fósiles, sin afectar la eficiencia productiva en procesos de fabricación metálica. A través de un enfoque cuantitativo se identificaron etapas críticas en procesos de fabricación de estructuras metálicas como el uso de generadores eléctricos a base de combustibles fósiles. Mientras que cualitativamente se analizaron estas tecnologías considerando viabilidad económica, tipo de energía más eficiente y su sostenibilidad. Los principales contaminantes encontrados fueron los siguientes: virutas de metal producidas en corte, escorias de metal y emisión de gases contaminantes en procesos de soldadura y emisiones de dióxido de carbono por el uso de generadores eléctricos que usan combustibles fósiles. En el análisis realizado, se concluyó que la energía solar fotovoltaica se adaptó y posicionó como una opción más eficiente para los procesos que demandan la industria metálica en comparación con otras fuentes de energía renovable como la eólica y la biomasa. Esto se debe a distintos factores tales como: su facilidad de instalación en diversos entornos, su bajo costo de mantenimiento y un ahorro a mediano plazo.

Palabras Clave: Energía; fabricación; estructuras; contaminantes; eficiente.

Abstract

In the present study, based on the analysis of the reduction of polluting emissions in metal manufacturing processes using renewable energies, the incorporation of the most efficient renewable energies to replace traditional energy sources and the use of fossil fuels was evaluated, without affecting the productive efficiency in metal manufacturing processes. Through a quantitative approach, critical stages in metal structure manufacturing processes were identified, such as the use of fossil fuel-based electric generators. While qualitatively, these technologies were analyzed considering economic viability, the most efficient type of energy, and its sustainability. The main pollutants found were the following: metal shavings produced in cutting, metal slag and emission of polluting gases in welding processes, and carbon dioxide emissions from the use of electric generators that use fossil fuels. In the analysis carried out, it was concluded that photovoltaic solar energy was adapted and positioned as a more efficient option for the processes required by the metal industry compared to other renewable energy sources such as wind, and biomass. This is due to various factors such as its ease of installation in various environments, its low maintenance cost, and medium-term savings.

Keywords: Energy; manufacturing; structures; pollutants; efficient.

Introducción

El presente estudio está basado en el análisis de la reducción de emisiones contaminantes en los procesos de fabricación de metales mediante el uso de fuentes de energía renovables. La característica principal de este tipo de investigación es la identificación de las fuentes de emisiones contaminantes y luego la propuesta de una fuente de energía eficiente. Es necesario mencionar las causas de este problema para poder analizarlo. Algunas causas pueden incluir dificultades ambientales y económicas a largo plazo. La investigación de este tema se realiza debido al interés en algunos factores.

En el ámbito profesional el interés, es dominar las energías limpias y gestionar correctamente los tipos de energías. La metodología empleada es de carácter mixto ya que combina métodos cuantitativos y cualitativos para estudiar el tema planteado. La finalidad u objetivo es identificar los tipos de contaminantes, analizar los tipos de energías renovables y proponer el tipo de energía que mejor se acople a procesos de fabricación en la industria metálica.

Las energías renovables son indispensables para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales son producidos por el uso desmedido de combustibles en generadores en la industria metálica, estos afectan claramente al medio ambiente. Al estudiar y fomentar su aplicación, se ayuda a luchar contra el cambio climático y sus impactos devastadores en el planeta. En la industria metálica es indispensable el uso de generadores de electricidad, especialmente en zonas donde la energía común es inexistente, desde procesos de corte, hasta procesos de soldadura y construcción de estructuras metálicas requieren de energía eléctrica por esto es importante buscar fuentes alternas como las energías renovables.

La industria de la fabricación metálica es un sector clave en la economía global, pero también es una de las principales fuentes de emisiones contaminantes. La generación de energía

para estos procesos proviene en su mayoría de combustibles fósiles, contribuyendo significativamente a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes atmosféricos (International Energy Agency, 2021). Diversos estudios han analizado la relación entre la transición hacia energías renovables y la reducción de emisiones en procesos industriales. Por ejemplo, Zhang et al. (2020) encontraron que la incorporación de energías limpias, como la solar fotovoltaica y la eólica, en la producción metálica puede reducir hasta en un 40% las emisiones de CO₂ en plantas manufactureras.

Un estudio de Wang et al. (2019) analizó la eficiencia energética de hornos eléctricos alimentados por energía solar, demostrando que, además de la reducción de emisiones de carbono, se obtuvo un ahorro en costos operativos del 25%. Asimismo, investigaciones recientes se han centrado en la aplicación de tecnologías de almacenamiento de energía para estabilizar el suministro de energía renovable en procesos industriales (Gielen et al., 2022). La industria de la fabricación metálica es uno de los sectores que más consume energía, a su vez es uno de los mayores contaminantes atmosféricos, procesos como la soldadura y el uso de generadores que utilizan combustibles, generan emisiones significativas de dióxido de carbono. A pesar de los esfuerzos por poner en marcha medidas de eficiencia energética y tecnologías limpias; muchos procesos de fabricación metálica siguen utilizando fuentes de energía fósil lo que hace que se repita el ciclo contaminante.

La industria metálica debe adaptar sistemas para hacer efectiva la integración de energías renovables. Esto implica ajustes en los procesos necesarios para realizar eficientemente la fabricación de estructuras metálicas, para esto, se debe capacitar al personal y realizar cambios en las prácticas operativas para manejar nuevas fuentes de energía.

Debido a esto surge la siguiente pregunta ¿cómo puedo la implementación de fuentes de energía renovable en los procesos de fabricación metálica contribuir a la reducción de emisiones contaminantes?. Identificar los principales contaminantes en el proceso de fabricación

metálica utilizando energías comunes en trabajos de campo. Analizar los tipos de energías renovables que pueden acoplarse a los procesos de estructuras metálicas. Proponer un sistema de energía renovable óptimo que pueda cubrir la necesidad de un trabajo para una cubierta.

La preocupación por el cambio climático y la degradación del medio ambiente ha hecho que se busquen alternativas mucho más sostenibles para la generación de energía. Fuentes renovables como la energía solar o eólica pueden ser muy apropiadas para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y, de esa manera, contribuir a minimizar las consecuencias del cambio climático.

Los procesos de fabricación de metales, como la soldadura y la fabricación de estructuras metálicas, consumen una gran cantidad de energía y producen una cantidad significativa de gases de efecto invernadero, especialmente cuando se utilizan fuentes de energía convencionales como el carbón, el gas natural y la electricidad basada en combustibles fósiles. Cuando se utilizan fuentes de energía renovables, como la energía solar, eólica o fotovoltaica, la dependencia de fuentes contaminantes se reduce y la huella de carbono se disminuye, lo que ayuda a combatir el cambio climático.

Con un sistema de energías renovables, cuando se fusiona con un almacenamiento energético como baterías, se tiene la posibilidad de disminuir la dependencia a la red eléctrica y de los generadores que se utilizan para la fabricación de una estructura metálica ya que estos generan contaminación debido a que trabajan con combustibles fósiles. Esto es muy importante para evitar la contaminación o para reducir costos en energía a largo plazo. Al promover la utilización de energías renovables, reducimos las emisiones de gases y la contaminación del medio ambiente. Esto también, ayuda la generación de nuevos puestos de trabajo en sectores relacionados a la instalación, funcionamiento y conservación de tecnologías renovables.

Métodos y Materiales

El presente estudio se realizó en el periodo académico 2024/2025 en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, teniendo presente las limitaciones técnicas y de recursos del entorno de aprendizaje. Este estudio se basa en un análisis técnico, en la propuesta de una energía renovable óptima, analizando y comparando las energías solar, eólica y biomasa. Se espera que los resultados de este estudio proporcionen información valiosa a las empresas y fabricantes locales que buscan integrar la energía renovable en procesos metalúrgicos como la soldadura, para optimizar la sostenibilidad y la eficiencia, reduciendo simultáneamente el impacto ambiental y los costes de operación en el país.

La información para este análisis se obtuvo de diferentes proyectos, manuales e informes relacionados con las energías renovables. Con el fin de conocer cuál, tipo de energía renovable es la más óptima para el desarrollo de una estructura metálica, se compararon factores como costos, tamaño de la infraestructura requerida para cada tipo de planta energética, factores climáticos y zonas geográficas. También el uso de equipos de medición de emisiones contaminantes. Se apreció también los distintos tipos de contaminantes que afectan a la industria metálica, siendo las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) producidas por el uso de generadores que aun funcionan con combustibles fósiles

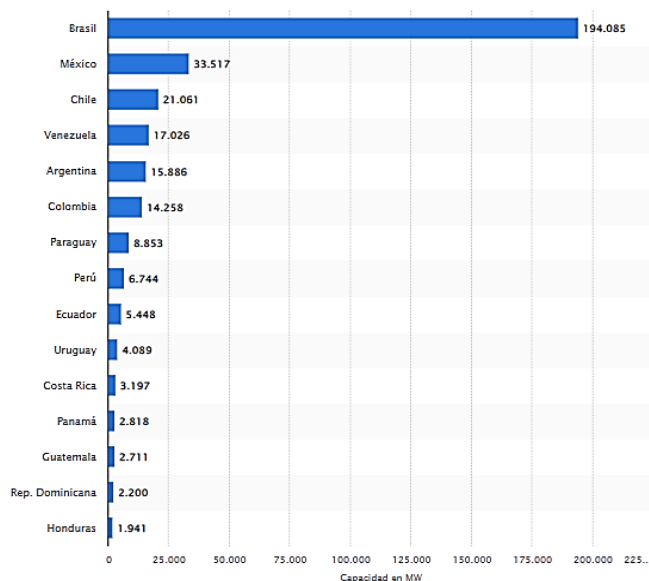
Es importante saber los distintos tipos de materiales metálicos como, Acero y aluminio, empleados en distintos procesos de fabricación. Se realizó un análisis comparando los distintos tipos de energías renovables como la energía solar fotovoltaica, eólica y biomasa, en el caso de la energía solar fotovoltaica se realizaron cálculos para determinar la cantidad de paneles solares a utilizar, y la capacidad de las baterías necesarias para abastecer de energía un taller de la industria metálica.

Análisis de Resultados

La contaminación industrial se refiere a la liberación de sustancias o residuos contaminantes en el medio ambiente como resultado de actividades industriales. La quema de combustibles fósiles libera grandes cantidades de dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre. Estos gases contribuyen al calentamiento global y deterioran la calidad del aire (Times/Redux, 2023). Las diferentes formas de energía representan opciones sostenibles en comparación con los combustibles fósiles, ya que tienen un impacto ambiental reducido y ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se sabe que, en América Latina, Brasil es el líder regional no sólo porque tiene la mayor capacidad instalada, sino también porque el crecimiento de las energías renovables en el país ha superado el 80% en 10 años (Statista, 2024).

Figura 1. Países con mayor capacidad de producción de energía renovable en América Latina



Fuente: (Statista, 2024).

La **Figura 1.** muestra un gráfico de barras que representa la capacidad de generación de energía eléctrica en megavatios (MW) en varios países de América Latina. Se incluyen 14 países latinoamericanos.

El rango de mayor capacidad va desde los 194085 mw generados por Brasil, hasta los 1941 mw más bajos generados por Honduras. Entonces Brasil es líder absoluto con 194.085 MW, superando ampliamente a los demás. México se posiciona en segundo lugar con 33.517 MW, muy por debajo de Brasil, pero significativamente por encima del resto.

Chile y Venezuela, ocupan el tercer y cuarto puesto con 21.061 MW y 17.026 MW, respectivamente. Argentina y Colombia se sitúan en un rango similar con 15.886 MW y 14.258 MW. Los países con menor capacidad energética son: República Dominicana (2.200 MW) y Honduras (1.941 MW) tienen la menor capacidad instalada.

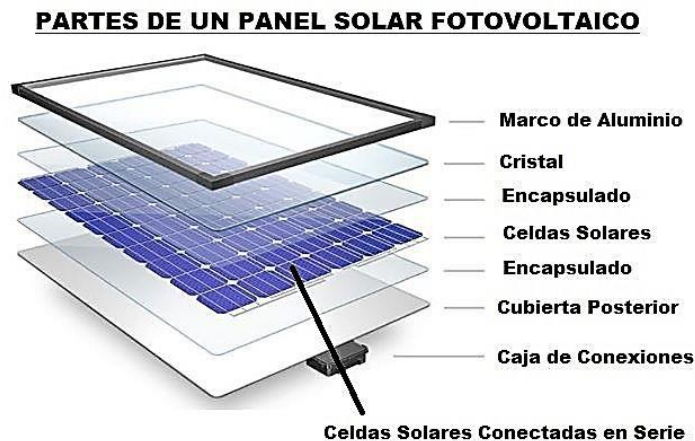
Teniendo en cuenta cuales son los países con mayor producción de energía, a continuación, se realizará una comparativa de los distintos tipos de energía para determinar cuál es la más óptima para implementarla en la industria metálica.

Energía Solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es un método que genera electricidad a partir de la energía del sol. Es una tecnología ecológica, renovable y sustentable que desempeña un papel fundamental en el cambio hacia fuentes de energía más limpias y amigables con el medio ambiente.

En **la Figura 2.** Se muestran las partes de los paneles solares mismas que hacen posible el funcionamiento óptimo para la generación de energía solar

Figura 2. partes de panel solar



Fuente: (APREAN, 2022)

Para calcular la cantidad de paneles solares necesarios se debe saber las HSP (Hora Solar Pico) para saber las HSP utilizamos la siguiente formula:

$$HSP = \frac{\text{radiacion peor mes}}{1kW/m^2}$$

$$HSP = \frac{5,02 \text{ kwh}/m^2}{1kW/m^2}$$

$$HSP= 5,02h$$

Una vez sabiendo las Horas Solares Pico (HSP) utilizamos la siguiente fórmula para saber la cantidad de paneles solares necesarios:

$$\# \text{ Modulos} = \frac{E}{W_p * HSP * (1 - nd)}$$

Donde:

E= Energía Real.

W_p = Potencia máxima del panel.

HSP= Hora solar pico incidentes sobre el plano de los paneles.

n_d = Factor global de pérdidas que se produce en el generador fotovoltaico.

$$\# \text{ Modulos} = \frac{1562 \text{ Wh/día}}{175 * 5,02 * (1 - 0,25)}$$

$$\# \text{ Modulos} = 2,37 \cong 3$$

Así mismo es importante saber el cálculo para determinar la batería que el sistema fotovoltaico necesita por medio de la siguiente formula:

$$\text{Cap. B} = \frac{L * N}{DOD * n_c}$$

Donde:

E=Energía real.

N= Número de días de autonomía.

DOD= Descarga profunda de las baterías.

n_c =Pérdidas en los cables.

L= Energía media.

$$\text{Cap. B} = \frac{(1562 \text{ Wh/día})(2 \text{ dias})}{0,7 * 0,9}$$

$$\text{Cap. B} = \frac{3124}{0,7 * 0,9} = 4959$$

$$CB = \frac{4959 \text{ Wh}}{12V} = 413,25 \cong 414 \text{ Ah}$$

De esta forma se tiene conocimiento de la cantidad de paneles necesarios y la capacidad de las baterías que requerirá el sistema fotovoltaico, a continuación, realizaremos un breve análisis de la energía eólica.

Energía Eólica

Un aerogenerador eléctrico funciona convirtiendo la energía cinética del viento en electricidad mediante una hélice, por medio de un alternador. Los molinos de viento son los pioneros más antiguos y se utilizaban en la extracción de agua de los pozos.

Figura 3. Aerogeneradores eólicos.



Fuente: (Factorenergia, 2023)

En la **Tabla 1.** se muestran algunas de las ventajas y desventajas de la energía eólica que se debe tener en cuenta.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la energía eólica

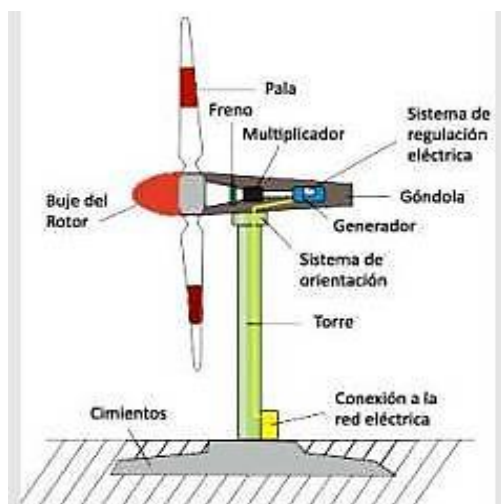
Ventajas de la energía eólica	Desventajas de la energía eólica
El diseño, instalación, operación y mantenimiento de parques eólicos crean empleos locales y especializados.	Si la velocidad del viento es superior al máximo que puede soportar la turbina, causa daños en el eje y la producción se ve disminuida, por lo que se requieren
En zonas remotas, la energía eólica puede proporcionar electricidad a comunidades aisladas.	Los aerogeneradores pueden generar ruido, lo que podría afectar a las comunidades cercanas o la fauna.
Se puede utilizar en combinación con la energía solar. Además de poder coexistir en una misma central, las dos formas de energía también tienen características complementarias. (Ventajas De La Energía Eólica, 2022)	Falta de seguridad en la existencia de viento: Este motivo impide que la energía eólica se use como única fuente de energía eléctrica. (Antala, 2023)

Fuente: (Ventajas De La Energía Eólica, 2022); (Antala, 2023)

Partes de un generador eólico

En la **Figura 6**. Se muestran las partes que componen un aerogenerador eólico para su óptimo funcionamiento y generación de energía

Figura 4. Partes de un aerogenerador eólico



Fuente: (Energycitateconnatalia, 2020)

Apreciamos que los aerogeneradores son muy grandes y requieren de mucho espacio y de vientos constantes para un correcto funcionamiento, esto va a requerir de grandes costos de infraestructura, generará energía segura y sostenible, pero requerirá de un presupuesto inicial elevado para poner en marcha un proyecto eólico. A continuación, analizaremos la energía biomasa

Energía Biomasa

La energía de biomasa es una energía obtenida a partir de la combustión de materia orgánica. La fuente de la que la conseguimos es la biomasa, originada por los diferentes procesos biológicos que se dan en el día a día. (Energía De Biomasa n.d.)

Se puede emplear para la producción de biocombustibles que posteriormente generarán calor o energía eléctrica, en dependencia de la demanda. Se identifican dos clases de biomasa por sus características físicas, químicas y energéticas. La principal desventaja es el costo de instalación, operación y mantenimiento.

Los componentes de una planta de biomasa son:

Preparación

Almacenamiento de combustible

Dosificador

Caldero

Cenizas

Filtro

Generador

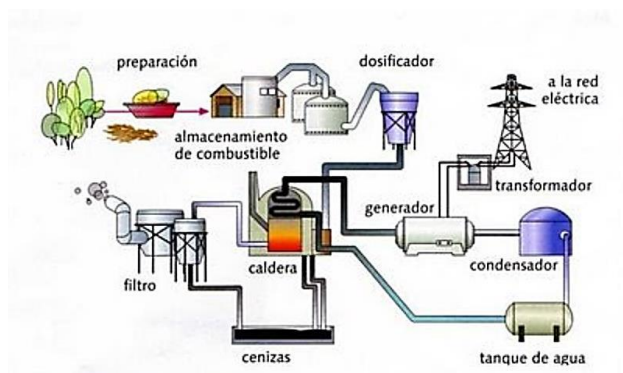
Tanque de agua

Condensador

Transformador

Red eléctrica

Figura 5. Esquema de una central biomasa.



Fuente: (Researchgate, 2022)

Conociendo algunos de los tipos de energías renovables se determina cual es la mejor alternativa que se puede acoplar a los procesos de fabricación en la industria metálica. El consumo energético de las herramientas en que se usan más comúnmente en la industria metálica depende de los equipos que se utilicen, su potencia nominal en watts o kilowatts y el tiempo de uso diario.

El panel recomendado para conseguir esta potencia es el “2024 TOPCon Tech Paneles solares tipo N 620W/630W/640W” debido a que sus características se acoplan a lo requerido en la industria metálica. La **Tabla 2.** presenta el consumo energético de diferentes herramientas en términos de potencia (W), uso promedio mensual (horas) y demanda promedio mensual (kWh). Por lo que podemos apreciar que:

Potencia total de las herramientas: 21117 W (21.1 kW).

Uso total mensual: 340 horas.

Demanda total de energía: 976 kWh.

Tabla 2. consumo energético de las herramientas

Herramienta	Potencia [W]	Uso promedio mensual [hrs]	Demanda promedio mensual [kWh]
Amoladora	2300	48	110
Cierras de corte	1300	72	94
Corte por plasma	6000	30	180
Soldadora SMAW	4517	70	317
Soldadura TIG	2500	50	125
Taladro industrial	1500	40	60

Taladro de pedestal	3000	30	90
TOTAL	21117	340	976

Fuente: Autores

Para abastecer las herramientas de trabajo, es necesario contar con 10 paneles solares conectados en serie, con una capacidad de captación al sol de 630 W. Estos paneles generaran aproximadamente 44.1 kWh en las 6 horas pico de sol, finalmente sabemos que, al mes generara 1323 kWh y esto será suficiente para abastecer de energía a las herramientas antes mencionadas en la **Tabla 2**.

La **Tabla 3**. muestra el cálculo de la energía generada por un sistema de 10 paneles solares en un mes.

Tabla 3. kWh que genera un panel solar al mes

Potencia por panel [W]	Potencia total de 10 paneles [kW]	Horas de sol pico (6 h)	Energía diaria generada [kWh]	Energía mensual generada [kWh]
630	6.3	6	37.8	1134

Fuente: Autores

La energía generada se calcula con la fórmula:

$$\text{Energía diaria (kWh)} = \text{potencia total (kW)} \times \text{Horas de Sol Pico}$$

$$\text{Energía diaria} = 6.3 \times 6 = 37.8 \text{ kWh}$$

$$\text{Energía mensual} = 37.8 \times 30 = 1,134 \text{ kWh}$$

Cada panel tiene una potencia de 630 W, lo que es relativamente alto en comparación con los paneles estándar (300-500 W). El sistema de 10 paneles genera 1,134 kWh al mes, lo

que podría abastecer el consumo energético de una casa grande o una pequeña industria. Las Horas de Sol Pico (6 h/día) es en una estimación basada en un área con buena radiación solar.

Tabla 4. Clasificación de energías por sus características

Tipo de energía	Facilidad de montaje	Costos	Generación óptima de energía mensual	Requerimiento de poco espacio (Infraestructura)
Fotovoltaica	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Eólica	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
Biomasa	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple

Fuente: Autores

La **Tabla 3.** muestra una comparativa de diferentes tipos de energía renovable (Fotovoltaica, Eólica y Biomasa) y se evaluó cuatro puntos clave:

- Facilidad de montaje
- Costos
- Generación óptima de energía mensual
- Requerimiento de poco espacio (Infraestructura)

La Energía Fotovoltaica cumple en Facilidad de montaje, Costos, Generación óptima de energía mensual y Requerimiento de poco espacio. Es la única fuente de energía que cumple con todos los criterios, lo que la hace una opción viable y accesible.

Se debe tener en cuenta también la facilidad de instalación y mantenimiento, Los paneles solares son los más fáciles de instalar y requieren poco mantenimiento. En cambio, los aerogeneradores eólicos son estructuras grandes y costosas de mantener se requiere mucho espacio y condiciones específicas. Las plantas de biomasa son infraestructuras complejas para poder generar energía esto requiere más inversión y supervisión.

Conclusiones

Los procesos de fabricación metálica que generan diversos contaminantes que afectan al medio ambiente y la salud humana. Por esto es importante identificar las fuentes de energía alternas y adoptar estrategias para reducir la contaminación, tanto tecnológicas como operativas

Energía solar fotovoltaica es ideal para abastecer equipos eléctricos como soldadoras y herramientas de corte, especialmente en talleres o sitios de construcción con acceso a luz solar. La energía eólica puede ser utilizada en lugares con vientos constantes, aunque requiere mayor inversión y espacio. La energía Biomasa puede ser útil en procesos que requieren calor, como el tratamiento térmico de metales.

El Sistema energético recomendado es la energía solar fotovoltaica con almacenamiento en baterías. Para un trabajo de cubierta metálica, donde se utilizan herramientas como soldadoras, amoladoras y taladros industriales, se requiere una fuente de energía confiable y continua. Sabiendo que un sistema de 10 paneles solares de 630 W cada uno podría generar alrededor de 1134 kWh/mes, suficiente para alimentar los equipos de un taller pequeño o mediano. Las baterías de respaldo permitirían operar en horarios nocturnos o en días nublados. El análisis demuestra que la energía solar puede integrarse eficazmente en los procesos industriales relacionados con estructuras metálicas, ofreciendo no solo una reducción significativa de emisiones de carbón sino también una disminución de los costos operativos a largo plazo.

Referencias bibliograficas

- Wang, Y., Zhang, X., & Li, J. (2019). *Eficiencia energética y reducción de emisiones de CO2 en la fabricación de metales: El papel de las energías renovables*. Journal of Cleaner Production, 215, 1383-1392.
- Zhang, S., Wu, Y., & Chen, J. (2020). *Reducción de las emisiones de carbono en la fabricación de metales mediante la integración de energías renovables*. Energías renovables, 145, 175-186.
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. (2022). *El papel de las energías renovables en el sector industrial*. Energy Strategy Reviews, 34, 100633.
- Times/Redux, L. S. N. Y. (1 junio 2023). Gran parte de la energía del mundo procede de materiales formados hace cientos de millones de años, y ello tiene consecuencias medioambientales. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles>
- Kunak Technologies S.L. (29 noviembre 2024). Impacto ambiental del acero en la calidad del aire, deteriorando las condiciones atmosféricas. Kunak. <https://kunakair.com/es/impacto-ambiental-del-acero-en-la-calidad-del-aire/>
- International Energy Agency. (2021). *Perspectivas de la tecnología energética 2021*.
- Contaminación industrial: causas y maneras de evitarla | Chubb. (n.d.). <https://www.chubb.com/mx-es/mercado-empresarial/articulos/que-es-contaminacion-industrial.html>
- Statista. (18 noviembre 2024). América Latina y Caribe: capacidad de energía renovable por país en 2023. <https://es.statista.com/estadisticas/1076835/energia-renovable-capacidad-america-latina-por-pais/>
- Energía solar | APREAN. (1 septiembre 2022,). APREAN. https://www.aprean.com/energia-solar/#%C2%BFQue_es_la_energia_solar
-

Factorenergia, E. T. E. (20 noviembre 2023). Energía eólica: cómo funciona y sus ventajas | factorenergia. Factorenergia. <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>

Todas las ventajas de la energía eólica. (1 febrero 2022). <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-eolica/ventajas-energia-eolica>

Antala. (12 septiembre 2023). Conoce las ventajas y desventajas de la energía eólica. Antala Industria. <https://www.antala.es/ventajas-y-desventajas-energia-eolica/>

Energía de biomasa: qué es, cómo funciona y sus ventajas. (n.d.). Endesa. <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/centrales-electricas/energia-biomasa>

Researchgate. (1 mayo 2022). https://www.researchgate.net/figure/Esquema-de-una-planta-de-biomasa_fig3_328335756