

Operational efficiency and productivity in aluminum manufacturing in the metallurgical sector of Ecuador

La eficiencia operativa y la productividad en la fabricación del aluminio en el sector metalúrgico del Ecuador

Autores:

Parrales-Oyola, Henry Iván
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA
Maestrante
Latacunga – Ecuador



hiparrales@espe.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0002-7017-3276>

Amores-Endara, Fanny Katherine
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA
Docente investigador
Latacunga – Ecuador



fkamores@espe.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-4472-0344>

Fechas de recepción: 10-JUN-2024 aceptación: 10-JUL-2024 publicación: 15-SEP-2024

 <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
<http://mqrinvestigar.com/>



Vol.8-N° 3, 2024, pp. 918-940 Journal Scientific MQRInvestigar

918

Resumen

La eficiencia y la mejora operativa no solo es un indicador de la adaptabilidad del sector metalmecánico, sino también de la aspiración constante de las empresas por aumentar su competitividad dentro del mercado. Por lo que, el objetivo general de la investigación es evaluar la eficiencia operativa en el proceso de fabricación del aluminio dentro del sector metalúrgico en Ecuador. Se realizó una investigación con la recopilación de datos teóricos y un enfoque cuantitativo para un análisis comparativo entre el uso de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y diésel como combustibles en los quemadores de los hornos. Los resultados fueron que el GLP ofrece un poder calorífico alto, con valores de 22244 kcal/m³, 6595 kcal/kg y 11739 kcal/kg, lo que lo convierte en una alternativa energética muy potente. La eficiencia del horno utilizando diésel se calcula en 83,41%, mientras que, al cambiar a GLP, la eficiencia aumenta a 87,21%. La investigación ha arrojado resultados concluyentes que respaldan la adopción del gas licuado de petróleo (GLP) como una alternativa de combustible altamente beneficiosa para mejorar la eficiencia operativa.

Palabras clave: Eficiencia Operativa; Productividad; Gas Licuado De Petróleo; Diésel



Abstract

Efficiency and operational improvement are not only an indicator of the adaptability of the metalworking sector, but also of the constant aspiration of companies to increase their competitiveness within the market. Therefore, the general objective of the research is to evaluate the operational efficiency in the aluminum manufacturing process within the metallurgical sector in Ecuador. An investigation was carried out with the collection of theoretical data and a quantitative approach for a comparative analysis between the use of Liquefied Petroleum Gas (LPG) and diesel as fuels in the furnace burners. The results were that LPG offers a high calorific value, with values of 22244 kcal/m³, 6595 kcal/kg and 11739 kcal/kg, which makes it a very powerful energy alternative. The efficiency of the furnace using diesel is calculated at 83.41%, while when switching to LPG, the efficiency increases to 87.21%. Research has yielded conclusive results supporting the adoption of liquefied petroleum gas (LPG) as a highly beneficial fuel alternative to improve operational efficiency.

Keywords: Operational Efficiency, Productivity, Liquefied Petroleum Gas, Diesel

Keywords: Operational Efficiency; Productivity; Liquefied Petroleum Gas; Diesel



Introducción

La industria metalmecánica, un pilar esencial de la manufactura ecuatoriana, engloba la industria siderúrgica, la metalmecánica básica y de transformación, desempeñando un papel crucial al generar diversos materiales, insumos, bienes de capital, partes y servicios. Este sector, que representa el 10% del PIB manufacturero no petrolero, y genera más de 80 mil empleos, se destaca como una de las industrias más interrelacionadas sectorialmente en la economía (Ekos, 2018). Por lo que, las actividades y el rendimiento del sector tienen un impacto directo en otras industrias, creando una red de dependencias económicas y fortaleciendo la integración de las mismas en el tejido económico del país.

Según (Avila & Gamarra, 2020) indica que, el impulso hacia la eficiencia y la mejora operativa no solo es un indicador de la adaptabilidad del sector metalmecánico, sino también de la aspiración constante de las empresas por aumentar su competitividad dentro del mercado. La capacidad de adoptar y aplicar rápidamente nuevas tecnologías y métodos de producción se convierte en un factor determinante para destacarse en un panorama empresarial en constante cambio.

Por lo que, (Parra & Martínez, 2020) dan a conocer que cuando nos referimos a la productividad real, estamos hablando de la eficacia real de un proceso de producción o sistema. Esta eficacia no solo implica la implementación de técnicas avanzadas y la utilización eficiente de los recursos financieros, sino también la capacidad de llevar a cabo las operaciones de manera conveniente, sin contratiempos ni demoras innecesarias. En conjunto, la productividad real refleja el equilibrio y la sinergia entre la aplicación de métodos eficientes, la gestión astuta de los recursos y la ejecución efectiva de las tareas laborales.

Además, la eficiencia empresarial se basa en la habilidad organizativa de una firma para alcanzar sus objetivos a través de la utilización efectiva de sus recursos disponibles. Por lo que, no solo se trata de maximizar la productividad, sino de cómo una empresa gestiona y dirige sus recursos, garantizando que cada componente contribuya de manera coherente y



efectiva hacia el logro de metas específicas (Piedra, Dutto, & Stimolo, 2021). Es así que, se convierte en una medida de la capacidad organizativa de una empresa para utilizar sus recursos de manera estratégica y alcanzar sus objetivos de manera óptima.

Argumenta (Rivera, 2023) que, la eficiencia operacional se revela como un elemento fundamental para el éxito empresarial, y la acumulación de experiencia a lo largo del tiempo desempeña un papel significativo en este proceso. En el transcurso de la trayectoria de una empresa, la experiencia no solo refina los procesos internos, sino que también proporciona un conjunto valioso de conocimientos que potencian la capacidad de la organización para enfrentar desafíos y optimizar su rendimiento.

De esta manera las empresas han emprendido la tarea de explorar alternativas en el uso de combustibles, orientadas a obtener el máximo beneficio mediante la minimización de los costos de mantenimiento (Rosales, 2015). Esta perspectiva estratégica refleja la búsqueda activa de soluciones que no solo optimicen la eficiencia en la operación, sino que también busquen la eficacia económica al reducir los gastos asociados al mantenimiento. En este proceso, las organizaciones buscan equilibrar la rentabilidad con la sostenibilidad, adoptando prácticas que no solo sean económicamente eficientes, sino también ambientalmente sostenibles.

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la eficiencia operativa en el proceso de fabricación del aluminio dentro del sector metalúrgico en Ecuador. Para lograr esto, se realizará una medición detallada de la productividad y se llevará a cabo una evaluación exhaustiva del impacto financiero derivado de la implementación del Gas Licuado de Petróleo (GLP) como combustible alternativo en los quemadores de los hornos de fundición. Se centrará en las empresas dedicadas a la fabricación de perfiles de aluminio, se abordará datos actualizados hasta el año 2023. El propósito es proporcionar datos sobre la viabilidad, eficacia y consecuencias económicas de la adopción de esta alternativa en el proceso de producción de aluminio en el contexto metalúrgico ecuatoriano.

Eficiencia y productividad en la fabricación de aluminio en el contexto ecuatoriano

Según Martínez (2023) reveló diferencias significativas en el gasto energético entre el quemador a diésel y el quemador de GLP, destacando la superioridad en eficiencia energética del quemador de GLP. Esto es principalmente por las propiedades químicas y físicas del GLP, las cuales promueven una combustión más completa y eficiente en comparación con el diésel. Asimismo, el contenido energético ligeramente superior del GLP contribuye a un rendimiento energético global más elevado.

Por lo tanto, la adopción de este combustible alternativo puede generar ahorros considerables en términos de energía y costos operativos en comparación con el uso de diésel. Esta evidencia respalda la viabilidad y la ventaja económica de implementar el GLP en los procesos de quemado en la fabricación de aluminio, ofreciendo una perspectiva prometedora para mejorar la eficiencia y la rentabilidad en el sector metalúrgico del Ecuador.

Por otra parte (Valencia, 2023), expone en su investigación que el uso de GLP como combustible colleva una reducción notable en las emisiones de gases contaminantes en comparación con otros combustibles convencionales. Esta conclusión se basa en los resultados obtenidos, los cuales subrayan las ventajas ambientales del mismo como alternativa energética (Naim & Mahara, 2018). Además, de su disponibilidad y bajo costo, se destaca por sus emisiones reducidas de edificadores, lo que lo convierte en una opción atractiva y sostenible para diversos sectores industriales, incluyendo la fabricación de aluminio en el Ecuador.

Relación teórica de la productividad: eficiencia y eficacia

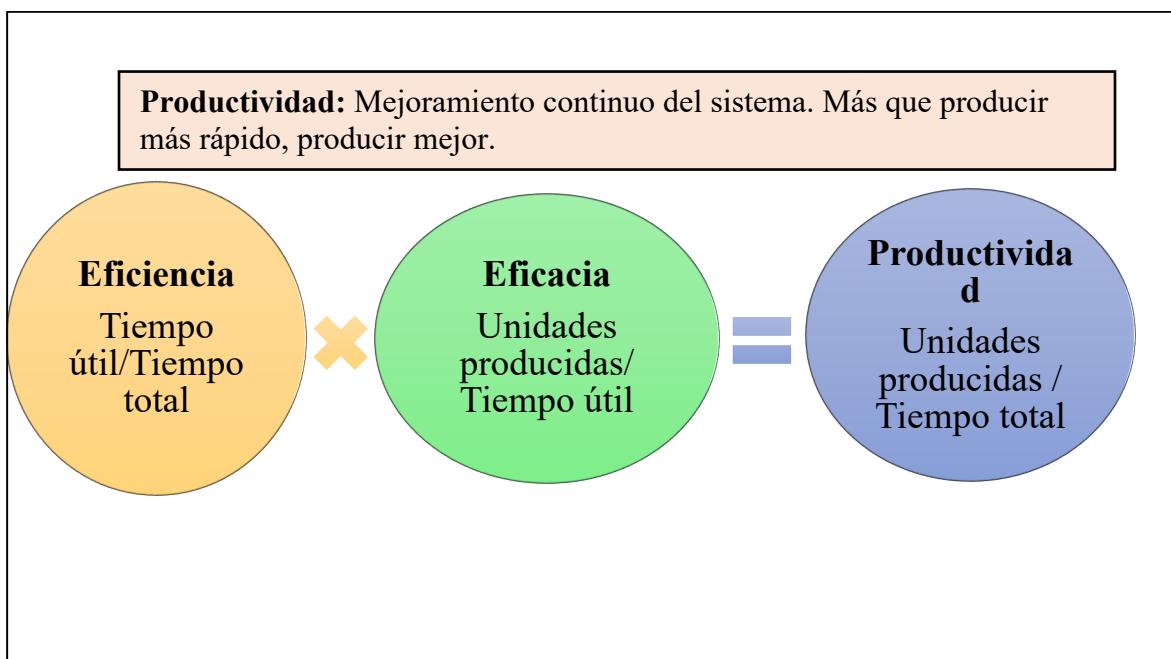
Según (Méndez, Medina, & López, 2022) dicen que, la productividad se refiere a la eficiencia con la cual los factores de producción se emplean en la creación de bienes y servicios destinados al mercado. Su objetivo primordial es maximizar la utilización de recursos esenciales, tales como el talento humano, los insumos materiales, el capital y los recursos financieros, durante el proceso de producción.



Por lo que, forma parte integral de los objetivos organizacionales, buscando constantemente optimizar la eficacia operativa y, por ende, promover la competitividad en el mercado. En última instancia, la productividad se convierte en una piedra angular para el crecimiento sostenible y el éxito a largo plazo de una entidad en un entorno empresarial dinámico.

La productividad se mide a través de la conexión entre las salidas generadas y las entradas requeridas, proporcionando una perspectiva clara de cómo se utilizan los recursos para lograr un rendimiento determinado (Herrera, Granadillo, & Gómez, 2018). Lo que indica que es fundamental no solo para cuantificar la eficacia operativa, sino que también se convierte en un indicador clave para evaluar la eficiencia y la rentabilidad en cualquier proceso productivo.

Figura 1.
Componentes de la productividad



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la *eficiencia* según (Cruz, Restrepo, & Medina, 2009) mencionan que, se erige como un factor determinante al trazar la frontera de la misma mediante el análisis de indicadores financieros específicos. Este proceso permite identificar y destacar a aquellas empresas que exhiben los más altos niveles de eficiencia relativa en sus operaciones. Por lo

que, dichas compañías no solo se destacan por sus prácticas óptimas de gestión, sino que también se convierten en modelos a imitar y fuentes de inspiración para otras empresas que buscan mejorar día a día estos niveles.

El benchmarking, como estrategia clave, entra en juego como el medio a través del cual las empresas menos eficientes buscan aprender y adoptar las mejores prácticas de sus contrapartes más eficaces. Este proceso de aprendizaje y adaptación se traduce en la mejora continua de las operaciones y la eficacia general de las empresas que buscan cerrar la brecha de ineficiencia. Además, las organizaciones ineficientes no solo adquieren conocimientos valiosos, sino que también pueden implementar cambios significativos en sus procesos internos para alcanzar un rendimiento más óptimo y competitivo en el mercado. En este sentido, la eficiencia empresarial se convierte no solo en un indicador de rendimiento, sino en un catalizador para el crecimiento y la innovación sostenible.

Por otra parte, a la *eficacia* se la considera como el grado de facilidad con que una organización alcanza los objetivos establecidos de manera periódica, por lo tanto, constituye un indicador que establece la capacidad de la empresa para el desarrollo de los resultados dentro de los tiempos estimados (Romero, 2022). Al utilizar este término representa el estado en la que una organización ha alcanzado los objetivos previamente establecidos, es decir es el indicador que revela la capacidad que tiene la organización para alcanzar los resultados esperados (Fontalvo, De La Hoz, & Gómez, 2017).

Tabla 1.

Indicadores

Indicador	Formula
Productividad	$\frac{\text{Salida Total}}{\text{Entrada Total}}$ $\frac{\text{Bienes y Servicios Producidos}}{\text{Mano de Obra} + \text{Capital} + \text{Materias Primas} + \text{Otros}}$

(100 – pérdidas) %



Eficiencia del horno
(método indirecto)

Fuente: Elaboración propia

Material y métodos

En la presente investigación se utilizó la revisión documental, en la cual cuenta con la recopilación de datos teóricos ya que se realizará una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la eficiencia operativa, la productividad en la fabricación de aluminio y el uso de diferentes tipos de combustibles en la industria metalúrgica. A continuación, mediante el enfoque cuantitativo se llevará a cabo un análisis comparativo entre el uso de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y diésel como combustibles en los quemadores de los hornos de fundición en empresas fabricadoras de perfiles de aluminio. Además, mediante el nivel descriptivo se procederá a realizar los indicadores de productividad, eficiencia, rendimiento y aprovechamiento para evaluar el impacto financiero.

Recopilación de datos teóricos

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de una amplia gama de fuentes de información, que incluyeron documentos, artículos científicos y libros especializados. Estos recursos fueron seleccionados cuidadosamente para proporcionar una comprensión profunda de los conceptos clave relacionados con la eficiencia operativa y la productividad en el contexto específico del sector metalúrgico. Esta investigación documental permitió obtener una visión integral de las mejores prácticas, tendencias emergentes y desafíos inherentes a la optimización de los procesos de fabricación de aluminio en el Ecuador. Además, proporcionó una base sólida de conocimiento teórico para respaldar el análisis y la interpretación de los datos recopilados en el estudio.

Muestra del estudio

En el marco de esta investigación, se adoptó una estrategia de muestreo por conveniencia no probabilístico. Esta elección se fundamenta en la necesidad de centrar el estudio en una única empresa representativa del sector metalúrgico del Ecuador. La selección de esta empresa se



basa en criterios cuidadosamente considerados para garantizar la representatividad del sector y la relevancia de los datos obtenidos. Al acceder directamente a la información de esta empresa, se evitan posibles sesgos que podrían surgir al recurrir a muestras más amplias pero menos específicas. Además, esta metodología ofrece la oportunidad de establecer una colaboración estrecha y transparente con la empresa, facilitando la obtención de datos precisos y relevantes para el estudio

Resultados

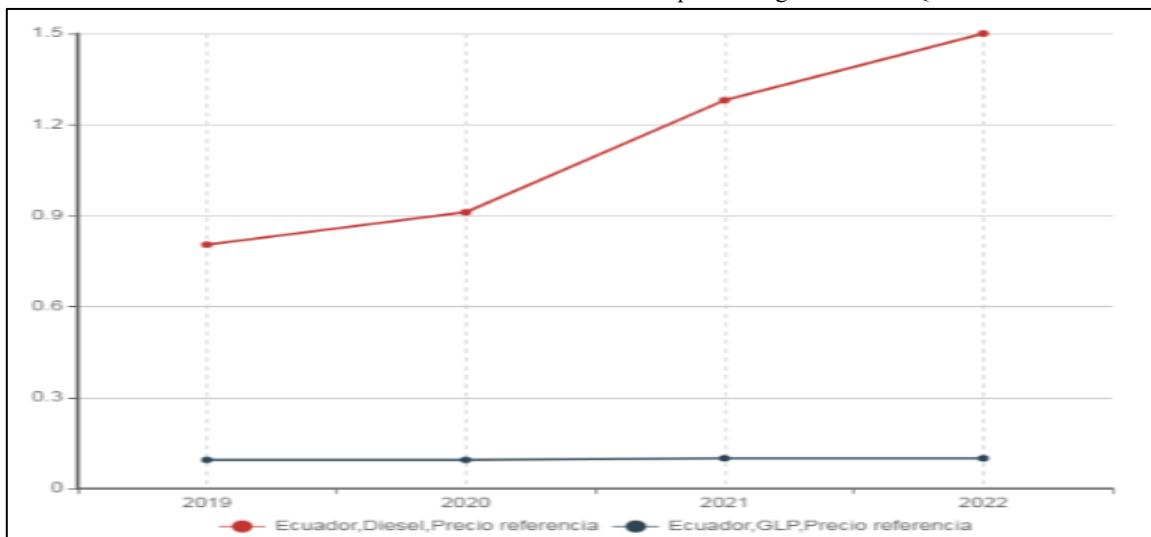
Precio del GLP y el diésel en Ecuador

El análisis de la figura revela una tendencia clara y significativa en el precio del diésel a lo largo del tiempo, según datos obtenidos de las bases de datos y publicaciones estadísticas de CEPALSTAT. En el año 2019, el precio promedio del diésel se situó en 0,8 dólares por galón en líquidos, mientras que para el año 2022, este precio se elevó a 1,5 dólares por galón en líquidos. Este incremento notable demuestra una tendencia al alza en el precio del diésel de año en año, lo que sugiere un aumento sostenido de los costos asociados con este combustible. Este análisis es fundamental para comprender los cambios en el entorno económico y energético, así como sus posibles implicaciones en diversas industrias y sectores económicos (Alvarez & Pilozo, 2022).

Figura 2.

Estructura del precio de los combustibles





Fuente: Elaboración propia

Componentes de los combustibles GLP y diésel con sus beneficios

La composición química del diésel, con un alto porcentaje de carbono y un contenido moderado de hidrógeno, oxígeno, azufre y cenizas, proporciona una base sólida para la eficiencia energética en los motores diésel. Esta combinación permite una combustión eficiente y una generación de energía significativa por unidad de volumen, lo que resulta en un rendimiento óptimo de los motores y una mayor eficiencia en el consumo de combustible. Además de su eficiencia, el diésel suele ser más económico que otros tipos de combustibles, lo que lo convierte en una opción atractiva para una variedad de aplicaciones industriales y de transporte (Zambrano & Pérez, 2024).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que, si bien el diésel ofrece ventajas económicas y de rendimiento, también conlleva riesgos ambientales. Los motores diésel emiten contaminantes atmosféricos, como óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas finas, que pueden contribuir a la contaminación del aire y afectar la calidad del medio ambiente y la salud humana (Ashok, Ashok, & Kumar, 2015). Por lo tanto, es fundamental implementar tecnologías de control de emisiones y prácticas de gestión ambiental adecuadas para minimizar el impacto negativo en el entorno.

Figura 3.

Composición del diésel

Componente del Diésel	Porcentaje %	Unidad
Carbono (C)	87.00%	Kg carbono/ Kg Combustible
Hidrogeno (H)	12.6 %	KG Hidrógeno /Kg Combustible
Oxigeno (O)	0.30 %	Kg Oxigeno /Kg Combustible
Azufre (S)	0.10 %	Kg Azufre / Kg combustible
Ceniza	0.10 %	Kg Ceniza / Kg Combustible
<i>Total</i>	100%	

Fuente: Elaboración propia

La figura 4 presenta la composición del gas licuado de petróleo (GLP), que consiste en un 60% de propano y un 40% de butano, con fórmulas químicas respectivas de C3H8 y C4H10. Este combustible ofrece una gravedad específica que varía de 2.05 a 1.56, lo que indica su densidad relativa en comparación con el agua. Además, el GLP ofrece un poder calorífico impresionante, con valores de 22244 kcal/m3, 6595 kcal/kg y 11739 kcal/kg, lo que lo convierte en una alternativa energética muy potente (Zambrano & Pérez, 2024).

Una ventaja significativa del GLP es su presión de suministro líquido de 20° con una presión manométrica de 2.5 bar. Esta presión constante y controlada facilita su almacenamiento, transporte y utilización en motores industriales. Este combustible es ampliamente disponible en el mercado y puede utilizarse en una variedad de aplicaciones industriales, lo que brinda flexibilidad a la empresa para adaptarse a las necesidades cambiantes de combustible y maximizar su eficiencia operativa (Cuasquer, Pineda, & Álvarez, 2022).

El cambio del diésel por GLP ofrece varios beneficios para la empresa. En primer lugar, es un combustible más limpio en términos de emisiones contaminantes, lo que puede ayudar a reducir el impacto ambiental de las operaciones de la empresa y cumplir con las regulaciones ambientales más estrictas. Además, proporciona un rendimiento comparable o incluso superior al diésel en términos de eficiencia energética y potencia de salida, lo que puede

traducirse en un funcionamiento más eficiente de los motores y, potencialmente, en ahorros en costos operativos a largo plazo.

Figura 4.

Composición del GLP

PROPIEDADES	DESCRIPCIÓN
Propiedad	60% Propano, 40% Butano
Fórmula Química	C4H10,C3H8
Gravedad Específica	2,05 / 1,56
Poder Calorífico	22 244 kcal/m3 6 595 kcal/ it 11739 Kcal/ Kilogramo
Presión de Suministros	Líquido a 20° con presión manométrica de 2.5bar
Color / olor	Incoloro / inodoro

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la eficiencia por el método indirecto

Para calcular la eficiencia mediante el método indirecto, es fundamental tener en cuenta una serie de factores que contribuyen a las pérdidas de calor en el sistema de la caldera. La fórmula utilizada es: Eficiencia de la caldera = (100–pérdidas) %. Dentro de las pérdidas se incluyen varios componentes, como las pérdidas de calor sensible en gases de combustión, pérdidas por combustible no quemado, pérdidas por radiación, pérdidas de calor en purgas y otros factores relevantes. Estos elementos deben ser evaluados meticulosamente para obtener una estimación precisa de las pérdidas totales.

Los resultados de este análisis se presentan de manera clara en la Tabla 1. Es importante destacar que los cálculos se realizan aplicando las fórmulas respectivas para cada componente de pérdida, lo que proporciona un total de pérdidas para cada combustible. Al comparar los resultados, se observa que las pérdidas totales para el diésel son del 16,5828%



y para el GLP son del 12,78%. Esto significa que al cambiar de diésel a GLP, se reduce el porcentaje total de pérdidas, lo que resulta en una mayor eficiencia de la caldera.

Especificamente, la eficiencia del horno utilizando diésel se calcula en 83,41%, mientras que al cambiar a GLP, la eficiencia aumenta a 87,21% lo que indica una eficiencia significativa y puede traducirse en ahorros de energía y costos operativos para la empresa. Por lo que, al utilizar el método indirecto para calcular la eficiencia de la caldera proporciona información importante sobre el rendimiento del sistema y permite identificar oportunidades de mejora. En este caso, el cambio de combustible de diésel a GLP resulta en una mejora notable en la eficiencia del horno, lo que puede tener impactos positivos en la productividad y la rentabilidad de la empresa.

Tabla 2.

Cálculo de la eficiencia mediante el método indirecto

pérdida	diésel	GLP
Pérdida por entalpía humos	9,3668	6,7198
Pérdida a entalpica del vapor de agua en los gases	0,2141	0,2967
Pérdida por in quemados gaseosos	0,01	8,727272*10
Pérdida por in quemados sólidos	1,453	1,453
Pérdida por convección	2,5654	2,5654
Pérdida por radiación	2,9735	2,9735
Total pérdidas	16,5828	12,78
Eficiencia método indirecto	83,4172	87,2172

Resultados de productividad de las maquinas existentes en la empresa antes y después

Los datos de productividad asociados al uso de cada tipo de combustible, tal como se presenta en la tabla 3, fueron recolectados meticulosamente en colaboración con la empresa Cedral Latacunga. Esta colaboración resultó fundamental para la verificación de la hipótesis



establecida en nuestra investigación. Para analizar estos datos, se empleó el software estadístico SPSS, el cual permitió realizar un análisis exhaustivo y riguroso.

La colaboración con la empresa proporcionó un valioso aspecto del funcionamiento práctico y las implicaciones del uso de distintos combustibles en el rendimiento de la productividad. Además, nos permitió acceder a datos detallados y fiables que respaldaron nuestra investigación. Este enfoque metodológico nos permitió profundizar en el entendimiento de cómo el tipo de combustible impacta en la productividad, lo cual es crucial en un contexto donde la eficiencia energética y la sostenibilidad son prioridades clave en diversos sectores industriales.

Tabla 3.

Productividad de las maquinas con los combustibles

Nº de maquinas	productividad antes con diésel	productividad después con GLP
1	72	96
2	68	91
3	80	90
4	57	94
5	69	92
6	59	90
7	69	86

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 4, se presentan los resultados descriptivos previos al uso del GLP. En el caso de la productividad con el uso de diésel, se observa un error estándar de 2.94161, una media de 67.7143 y una desviación estándar de 7.78276. Los valores mínimo y máximo registrados fueron 57 y 80, respectivamente. Resultados que ofrecen una visión clara de la distribución de la productividad antes de la implementación del GLP como combustible. La alta desviación estándar sugiere cierta variabilidad en los niveles de productividad, mientras que la media proporciona una medida central que nos permite entender el rendimiento



promedio. Los valores mínimo y máximo resaltan la amplitud del rango de productividad observado en esta configuración de combustible.

Tabla 4.
Descriptivos antes de utilizar GLP

			Estadístico	Error estándar
Productividad	Media		67,7143	2,94161
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	60,5164	
		Límite superior	74,9121	
	Media recortada al 5%		67,6270	
	Mediana		69,0000	
	Varianza		60,571	
	Desviación estándar		7,78276	
	Mínimo		57,00	
	Máximo		80,00	
	Rango		23,00	
	Rango intercuartil		13,00	
	Asimetría		,023	,794
Número de máquinas	Curtosis		-,049	1,587
	Media		4,0000	,81650
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,0021	
		Límite superior	5,9979	
	Media recortada al 5%		4,0000	
	Mediana		4,0000	
	Varianza		4,667	
	Desviación estándar		2,16025	
	Mínimo		1,00	
	Máximo		7,00	
	Rango		6,00	
	Rango intercuartil		4,00	
Curtosis	Asimetría		,000	,794
	Curtosis		-1,200	1,587

Fuente: Elaboración propia

Tras la adopción del GLP como alternativa de combustible, los resultados en la productividad se reflejan en la tabla 5. Aquí, se evidencia un cambio significativo en los datos. El error estándar se reduce a 1.20937, indicando una mayor precisión en las mediciones. La desviación estándar también disminuye, llegando a 3.19970, lo que sugiere una menor



variabilidad en los niveles de productividad en comparación con el uso de diésel. Los valores mínimo y máximo registrados en la productividad aumentan significativamente, alcanzando ahora 86 y 96 respectivamente. Lo que indica una mejora notable en la consistencia y el rendimiento general de las máquinas después de la transición al GLP como combustible.

Esta evidencia cuantitativa respalda la eficacia del GLP en la mejora de la productividad, lo que sugiere un impacto positivo en la eficiencia operativa. Este cambio no solo se refleja en los números, sino que también puede tener implicaciones significativas en términos de rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo (Nieckele, Naccache, & Gomes, 2011).

Tabla 5.
Descriptivos después de utilizar GLP

			Estadístico	Error estándar
Número de máquinas	Media		4,0000	,81650
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,0021	
		Límite superior	5,9979	
	Media recortada al 5%		4,0000	
	Mediana		4,0000	
	Varianza		4,667	
	Desviación estándar		2,16025	
	Mínimo		1,00	
	Máximo		7,00	
	Rango		6,00	
	Rango intercuartil		4,00	
	Asimetría		,000	,794
	Curtosis		-1,200	1,587
Productividad	Media		91,2857	1,20937
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	88,3265	
		Límite superior	94,2449	
	Media recortada al 5%		91,3175	
	Mediana		91,0000	
	Varianza		10,238	
	Desviación estándar		3,19970	
	Mínimo		86,00	
	Máximo		96,00	



Rango	10,00
Rango intercuartil	4,00
Asimetría	-,191 ,794
Curtosis	,541 1,587

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6 muestra los resultados de la prueba de normalidad para ambas configuraciones de combustible. Para la productividad con el uso de diésel, el resultado de la prueba fue de 0.575, indicando una distribución que podría desviarse de la normalidad. Por otro lado, con la utilización del GLP como combustible alternativo, se obtiene un resultado de 0.909, lo que sugiere una distribución más cercana a la normalidad.

El hecho de que la productividad con el GLP exhiba una distribución más cercana a la normalidad podría tener implicaciones positivas en términos de la robustez de los análisis estadísticos realizados y la validez de las conclusiones derivadas de ellos. Esto subraya aún más los beneficios potenciales de adoptar el GLP como alternativa de combustible en términos de mejorar tanto la productividad como la calidad de los datos obtenidos en el estudio.

Tabla 6.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad con diésel	,229	7	,200*	,933	7	,575
Productividad con GLP	,201	7	,200*	,972	7	,909

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Las calderas y generadores de vapor son componentes críticos en la infraestructura industrial, ya que suministran los fluidos caloportadores necesarios para alimentar los diversos procesos. Estos equipos son responsables de generar vapor a alta presión y temperatura, que luego se distribuye a través de sistemas de tuberías para proporcionar calor a los equipos y



maquinaria en toda la planta (Güiza, 2017). En el contexto actual, donde la eficiencia energética y el ahorro son prioridades fundamentales, es imperativo examinar detenidamente los parámetros operativos de los equipos industriales. Esto garantiza que la energía disponible se utilice de manera óptima y eficiente, lo que no solo reduce los costos operativos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la competitividad de la empresa en el mercado. Además de reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia energética, este enfoque también puede ayudar a mitigar el impacto ambiental de las operaciones industriales al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar el consumo de recursos naturales (Borges, Rodríguez, Bravo, & Medell, 2015).

Además de considerar las ventajas cuantitativas del gas licuado de petróleo (GLP) como combustible, es fundamental reconocer los beneficios cualitativos y ambientales que conlleva su adopción en comparación con combustibles tradicionales como el diésel. Al cambiar al GLP, no solo se obtienen mejoras en términos de eficiencia y rentabilidad, sino que también se contribuye significativamente a la reducción de la huella de carbono y la contaminación atmosférica (Nwaokocha, Giwa, Layeni, Akinyemi, & Kuye, 2016).

. Pues su composición química específica, ofrece una combustión más limpia y eficiente en comparación con el diésel. Al quemarse, el GLP produce menos emisiones nocivas, como dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de azufre (SO₂), que son conocidos por su contribución al calentamiento global y la lluvia ácida, respectivamente. Esto resulta en una mejora significativa de la calidad del aire y una reducción de los impactos ambientales negativos asociados con la combustión de combustibles fósiles (Fuentes, 2014).

Conclusiones

(La investigación ha arrojado resultados concluyentes que respaldan la adopción del gas licuado de petróleo (GLP) como una alternativa de combustible altamente beneficiosa para mejorar la eficiencia operativa de los hornos de fundición en las empresas fabricadoras de perfiles de aluminio. Lo que demuestra una mejora en la productividad y la calidad del proceso de fundición, además presenta implicaciones significativas en términos de rentabilidad y sostenibilidad para estas empresas.

La transición al GLP no solo puede reducir los costos operativos asociados con el consumo de combustible, sino que también puede mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones contaminantes. Además, al aumentar la eficiencia operativa de los hornos de fundición, las empresas pueden experimentar una mayor capacidad de producción, una reducción en los tiempos de inactividad y una mejora en la calidad del producto final. Por lo que, mejora su competitividad en el mercado al ofrecer productos de mayor calidad y a precios más competitivos.

Se recomienda a futuras investigaciones a que analicen detalladamente los costos y beneficios asociados con la transición al GLP podrían proporcionar a las empresas información valiosa para la toma de decisiones, incluyendo análisis de retorno de inversión, costos de capital y operativos, y consideraciones financieras a largo plazo

Referencias bibliográficas

- Alvarez, G. I., & Pilozo, D. M. (2022). Estimación de la eficiencia energética y huella de carbono en dos empresas metalmecánicas de Manabí. *Polo del Conocimiento*, 7(6), 1042-1068.
- Ashok, B., Ashok, S. D., & Kumar, C. R. (2015). LPG diesel dual fuel engine – A critical review. *Alexandria Engineering Journal*, 54, 105-126.
- Avila, C. R., & Gamarra, C. A. (2020). *Modelo operacional Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia en las empresas del sector metalmecánico*. Obtenido de Modelo operacional Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia en las empresas del sector metalmecánico: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653384/Avila_CR.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Borges, R. J., Rodríguez, M. J., Bravo, O. H., & Medell, E. C. (2015). Influencia de los parámetros operacionales en la eficiencia termodinámica de instalaciones de baja y mediana capacidad. *Centro Azúcar*, 42(3), 80-88.
- Cruz, T. E., Restrepo, C. J., & Medina, V. P. (2009). Determinación de la eficiencia financiera a una empresa del sector metalmecánico. *Ciencia*(43), 305-310.
- Cuasquer, C. J., Pineda, M. D., & Álvarez, J. E. (2022). Ventaja del uso de gas licuado de petróleo en comparación al sistema de combustible tradicional. *Dialnet*, 8(3).
- Ekos. (7 de Mayo de 2018). *Situación del sector metalmecánico y su importancia en la economía ecuatoriana*. Obtenido de Situación del sector metalmecánico y su



importancia en la economía ecuatoriana:
<https://ekosnegocios.com/articulo/situacion-del-sector-metalmechanico-y-su-importancia-en-la-economia-ecuatoriana>

Fontalvo, H. T., De La Hoz, G. E.-G., & Gómez, J. M. (2017). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 15(2), 47-60.

Fuentes, K. P. (2014). *Beneficio producto del cambio de combustible Diésel a Gas Licuado de Petróleo en la generación de energía térmica en la elaboración de cemento para la construcción en la Planta Puerto Montt de Melón S.A.* Obtenido de Beneficio producto del cambio de combustible Diésel a Gas Licuado de Petróleo en la generación de energía térmica en la elaboración de cemento para la construcción en la Planta Puerto Montt de Melón S.A: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bpmfcik.97b/doc/bpmfcik.97b.pdf>

García, N. A., & Tolentino, J. L. (2023). *Evaluación de la eficiencia energética del diésel con respecto al gas licuado de petróleo (GLP), para la generación de energía eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.* Obtenido de Evaluación de la eficiencia energética del diésel con respecto al gas licuado de petróleo (GLP), para la generación de energía eléctrica en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/53824/2024nixonmillanjorgerendon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Güiza, P. R. (2017). Metodología para determinar la eficiencia energética de calderas de baja potencia. *Verano de la Investigación Científica*, 3(2).

Herrera, T. F., Granadillo, E. D., & Gómez, J. M. (2018). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimens.empres.*, 16(1).

Martínez, M. F. (2023). Comparación del gasto energético entre un quemador aDiesely uno de GLP. *Revista social fronteriza*, 3(3), 142-152.

Méndez, G. G., Medina, D. E., & López, R. N. (2022). Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica. *Trascender, contabilidad y gestión*, 7(20), 189-208.

Naim, I., & Mahara, T. (2018). Fuel Substitution for Energy Saving. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 8(5), 3439-3444.

Nieckele, A. O., Naccache, M. F., & Gomes, M. S. (2011). Combustion performance of an aluminum melting furnace operating with natural gas and liquid fuel. *Applied Thermal Engineering*, 31(5), 841-851.

- Nwaokocha, C. N., Giwa, S. O., Layeni, A. T., Akinyemi, O. O., & Kuye, S. I. (2016). An experimental investigation of lpg as an alternative fuel for a retrofitted motor de encendido por chispa. *Nova Science Publishers*, 24(1).
- Parra, N. S., & Martínez, S. P. (2020). *Desarrollo e innovación en ingeniería*. Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación.
- Peralta, T. M., & Alfaro, J. O. (2018). Determinación de la eficiencia energética y emisión de gases contaminantes en calderas de vapor de la ciudad de Loja, año 2015. *Acordes*(8).
- Piedra, A. M., Dutto, M., & Stimolo, M. I. (2021). Análisis de la eficiencia en el uso de recursos de las empresas del sector industrial manufacturero de Ecuador. *SaberEs*, 13(2), 213-238.
- Rivera, V. F. (2023). *Mejora de la productividad para la eficiencia operacional de la empresa naturliquid S.A., en Salinas- Ecuador*. Obtenido de Mejora de la productividad para la eficiencia operacional de la empresa naturliquid S.A., en Salinas- Ecuador: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10614/1/UPSE-TII-2023-0034.pdf>
- Romero, C. A. (2022). *Mejora de la productividad y eficiencia del área de pintura líquida en una empresa*. Obtenido de Mejora de la productividad y eficiencia del área de pintura líquida en una empresa: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23978/1/UPS-GT004135.pdf>
- Rosales, A. A. (2015). *Análisis comparativo en las operación de una caldera pirotubular utilizando gas licuado de petróleo en sustitución del diésel y su impacto sobre el medio ambiente*. Obtenido de Análisis comparativo en las operación de una caldera pirotubular utilizando gas licuado de petróleo en sustitución del diésel y su impacto sobre el medio ambiente: <https://core.ac.uk/reader/35293990>
- Valencia, L. F. (2023). Quemador de gas licuado y su aplicabilidad para un incinerador. *REVISTA SOCIAL FRONTERIZA*, 3(3), 121-131.
- Zambrano, D. J., & Pérez, F. D. (2024). *Análisis comparativo de combustibles diésel y glp para la generación de vapor mediante costo operativo en una planta productora de alimento balanceado*. Obtenido de Análisis comparativo de combustibles diésel y glp para la generación de vapor mediante costo operativo en una planta productora de alimento balanceado: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27512/1/UPS-GT005002.pdf>



Conflicto de intereses:
Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:
No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

