

La sostenibilidad ambiental en la industria manufacturera del Ecuador. Un estudio desde las fuentes energéticas

Ángel Geovanny Carrión¹; Darwin Aldas Salazar²;
Nelson Lascano Aimacaña³; Melissa Ayala Guanotuña⁴

Resumen

El sector industrial desempeña un papel fundamental en el crecimiento económico del Ecuador, ya que genera una gran cantidad de recursos que contribuyen positivamente al PIB. Sin embargo, el consumo ineficiente de energía por parte de las industrias manufactureras representa una amenaza para el medio ambiente, ya que contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero. Con el fin de abordar esta problemática, se llevó a cabo una investigación que analizó las estrategias de sostenibilidad ambiental para mejorar la eficiencia energética en la industria manufacturera ecuatoriana, centrándose en los gastos e inversiones. Para el análisis, se utilizó la base de datos del Módulo Ambiental de la Encuesta Empresarial 2020 (ENESEM) y con ello se empleó varias metodologías para el estudio como: un estudio descriptivo, para identificar el comportamiento de las estrategias de eficiencia energética; un estudio correlacional de Spearman, para determinar la relación entre las variables y por último, un análisis explicativo con la Regresión Lineal múltiple, para establecer la incidencia de las estrategias en el gasto e inversión de la industria manufacturera. Concluyendo que, las empresas manufactureras ecuatorianas no asignan recursos significativos a la implementación de estrategias de eficiencia energética, sino a energías térmicas y de red pública.

Palabras clave: Energía, Sostenibilidad, Manufactura, Gasto, Inversión.

Environmental sustainability in the manufacturing industry in Ecuador. A study from energy sources

Abstract

The industrial sector plays a key role in Ecuador's economic growth, as it generates a large amount of resources that contribute positively to GDP. However, inefficient energy consumption by manufacturing industries represents a threat to the environment, as it contributes to the increase of greenhouse gases. In order to address this issue, research was carried out to analyze environmental sustainability strategies to improve energy efficiency in the Ecuadorian manufacturing industry, focusing on expenditures and investments. For the analysis, the database of the Environmental Module of the 2020 Business Survey (ENESEM) was used and with this, several methodologies were employed for the study such as: a descriptive study, to identify the behavior of energy efficiency strategies; a Spearman correlational study, to determine the relationship between variables and finally, an explanatory analysis with Multiple Linear Regression, to establish the incidence of strategies in the expenditure and investment of the manufacturing industry. The conclusion is that Ecuadorian manufacturing companies do not allocate significant resources to the implementation of energy efficiency strategies, but rather to thermal and public grid energies.

Keywords: Energy, Sustainability, Manufacturing, Spending, Investment.

Recibido: 30 de noviembre de 2023

Aceptado: 21 de febrero de 2024

¹ ag.carrión@uta.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-8221-885X>; Universidad Técnica de Ambato

² darwinsaldas@uta.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-8882-030X>; Universidad Técnica de Ambato

³ nelsonrlascano@uta.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-6735-8873>; Universidad Técnica de Ambato

⁴ mayala5628@uta.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0006-1002-0090>; Universidad Técnica de Ambato

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental y el cambio climático es cada vez más relevante en la actualidad, y gran parte de ello se debe al desarrollo industrial. En este contexto, garantizar un consumo y producción sostenible se ha convertido en uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU en 2020, con el fin de generar conciencia sobre la importancia de un consumo de energía racional para asegurar un futuro prometedor, buscando un equilibrio entre el desarrollo social, económico y la protección ambiental (Pastran, 2021). Por ello, la gestión ambiental se centra en mejorar la calidad de vida de las personas, sin que esto represente un obstáculo para el crecimiento económico, apuntando a un enfoque gradual y orientado hacia la solución de los problemas ambientales a nivel mundial (Vidal & Regaldo, 2022).

El consumo de energía eléctrica de fuentes renovables y no renovables, por medio de combustibles fósiles como: el carbón, petróleo y el gas natural constituye la columna vertebral del sector energético a nivel mundial representando el 80% de la demanda mundial (Serrano et al., 2017). A medida que sigue avanzando el desarrollo en todos los países en el mundo, la demanda de energía limpia aumenta por parte de las industrias, sin embargo, las economías están tratando de sustituirla por fuentes de energía alternativas para realizar un uso eficiente de las mismas, un claro ejemplo es la energía solar (Pala, 2023). En el Ecuador el consumo de energía final del sector manufacturero en el año del 2020 fue del 53.13% de energía (ARCERNNR, 2020; INEC, 2016), siendo una de las industrias que mayor demanda energía para el desarrollo de sus actividades.

La eficiencia energética (EE) es un tema de interés en la sociedad actual, Estados Unidos, Canadá y países que conforman la Unión Europea tiene un alto costo hacia la energía, debido a que la principal fuente de energía son los combustibles fósiles en el mercado energético (Serna, 2010). Por lo que, al implementar la eficiencia energética por medio de fuentes renovables genera un gran impacto (Vargas et al., 2015). Además, la (EE) no se relaciona técnicamente con los aspectos socioeconómicos, sino entre el valor provisto frente al usado (Vanegas & Botero, 2012).

Para analizar la sostenibilidad ambiental de las fuentes energéticas en las industrias manufactureras del Ecuador, se utiliza términos monetarios como: el gasto e inversión que realizan dichas empresas en las actividades económicas para reducir los gases de efecto invernadero (Oswald, 2017). Es por ello, que para el cuidado del ambiente se requiere de inversión, la cual refleje resultados a largo plazo al momento de realizar un gasto óptimo al implementar una nueva tecnología (Soaloon et al., 2023). De esta manera, la racionalidad económica tiene como objetivo, obtener un gasto productivo y mayor beneficios por medio de la inversión, tanto en bienes y servicios para reducir el efecto invernadero (Hernández, 2010).

A nivel mundial la industria manufacturera incide positivamente en el crecimiento económico, sin embargo, esta industria necesita gran consumo energético para desarrollar sus actividades económicas, por lo tanto, las fuentes renovables surgen como una medida para conservar los recursos naturales (Borroto et al., 2005). A pesar de que las industrias siguen optando por un modelo lineal, existen otras que aplican el sistema circular, en el cual, según el análisis de innovación organizativa asociadas al uso de principios de economía circular, diferentes empresas han mejorado el diseño de productos, el uso de los recursos, la gestión de residuos y el uso de fuentes alternativas (Díaz et al., 2020). No obstante, el sector manufacturero muestra altas tasas de consumo energético y emisiones de CO₂, debido al aumento de productos y servicios los cuales, generan el uso de grandes cantidades de recursos naturales y energéticos, provocando crisis ambientales (Dai et al., 2020).

Debido a los problemas ambientales generados en los últimos años se han implementado normativas legales, planes y proyectos para combatir la degradación ambiental y fomentar el uso de energías limpias en las industrias (Ramos & Bautista, 2022). Un ejemplo es el protocolo de Kioto y convenios como el Acuerdo de París que buscan reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en las industrias, con el objetivo de generar energía limpia en los próximos años, tal es el caso de América Latina que toma conciencia sobre la implementación de soluciones energéticas para el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental (Vera, 2022).

En Ecuador, la industria manufacturera es

considerada un motor para la economía, debido a que muestra su incidencia significativa sobre el Producto Interno Bruto (PIB), esta industria desempeña un papel importante en el consumo de energía y los recursos limitados (Lovato Torres et al., 2019). Cabe mencionar que el consumo de energía final del sector industrial ecuatoriano en el año del 2020 fue del 22.36%, en donde se muestra que la mayor parte de las industrias no implementan normas ambientales para obtener un desarrollo sostenible (ARCERNNR, 2020; INEC, 2016).

Dado el contexto anteriormente expuesto, el estudio se divide de la siguiente manera: en la segunda sección se explica la metodología utilizada, tanto descriptiva, correlacional y explicativa, en la tercera se presenta los resultados alcanzados, con la finalidad de obtener una comprensión más profunda del comportamiento de las fuentes de energía sostenible del sector manufacturero de Ecuador durante el año 2020. Finalmente, en la última sección se muestran las conclusiones y discusiones del estudio.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación, buscó analizar la sostenibilidad ambiental en la industria manufacturera del Ecuador, desde las fuentes energéticas, para lo cual, la metodología utilizada en el presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo, correlacional y explicativo. Se utilizó fuentes de información de datos secundarios a través, de datos estadísticos del Instituto Nacional de Censos (INEC), en el Módulo Ambiental de la Encuesta Estructurada Empresarial

(ENESEM) edición 2020, además, se utilizó fuentes bibliográficas relacionadas con las variables de estudio como: el gasto e inversión de las industrias manufactureras.

MÉTODO DESCRIPTIVO

En primera instancia, en la investigación descriptiva es necesario identificar las variables de estudio con el objetivo de saber el comportamiento de las fuentes energéticas como eficiencia energética de las industrias manufactureras para la sostenibilidad ambiental, en la etapa correlacional se busca determinar la importancia de las variables más significativas y junto a ello se procede a establecer su incidencia por medio de un modelo de regresión lineal múltiple (Bernal, 2010).

MÉTODO COEFICIENTE DE SPEARMAN

Estadísticamente para comprobar la correlación entre las variables se procedió a utilizar el coeficiente de Spearman, el cual se trabajó con el 95% de nivel de confianza, con el fin de ver la asociación entre las dos variables y determinar la dependencia o independencia de estas (Vinuesa, 2017). Se utilizó la regla de decisión para conocer si existe correlación entre las fuentes energéticas utilizadas por las industrias manufactureras como el gasto e inversión, en donde si el p valor $\leq 0,05$ se acepta la hipótesis alternativa, mientras que si el p-valor $\geq 0,05$ se rechaza la hipótesis nula. H_0 : no existe relación entre la energía alternativa complementaria con el gasto e inversión. H_1 : existe relación entre la energía alternativa complementaria con el gasto e inversión.

Tabla 1. Grado de Relación de Spearman

Color	Rango	Relación
	0,01 - 0,10	Correlación positiva débil
	0,11 - 0,50	Correlación positiva media
	0,51 - 0,75	Correlación positiva considerable

Nota. La tabla muestra el grado de relación de Spearman.

Fuente: Montes et al., (2021).

Elaboración: Propia

El coeficiente de rangos se encuentra de -1.00 a +1.00, en donde a medida que los valores se encuentren cercano a +1.00 muestran una relación positiva perfecta, lo que quiere decir que a medida que aumenta un rango en las estrategias para

eficiencia energética, el gasto de igual manera sube. Por otro lado, si los valores se encuentran cerca -1.00 muestra que no hay una relación fuerte esto quiere decir que, si el uno aumenta, el otro lado disminuye mientras que si el valor refleja 0.00 muestra que no

hay relación (Montes et al., 2021).

MÉTODO REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Para el análisis del gasto e inversión de las fuentes energéticas como sostenibilidad ambiental en las industrias manufactureras, se utilizó un análisis

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k + u \quad [1]$$

Sin embargo, si se emplea la Regresión Lineal Múltiple, es necesario que se cumpla con ciertos supuestos los cuales son: la linealidad,

de Regresión Lineal Múltiple que es una técnica estadística para relacionar más de dos variables tanto dependiente e independiente, además, sirve para estudiar la causa de variación en la variable Y.

Formula del modelo lineal múltiple tiene la siguiente forma (Baños et al., 2019):

independencia, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad (Baños et al., 2019).

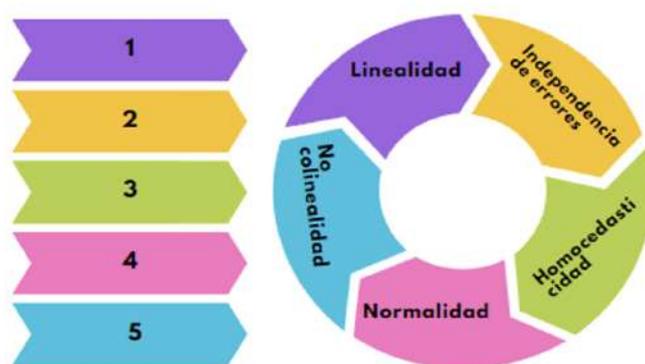


Figura 1: Supuestos del modelo
Nota. La figura muestra los supuestos del modelo.
Elaboración: Propia.

Linealidad: Que la relación entre las variables sea lineal; Independencia de errores: Durbin-Watson 1,5 y 2,5; Homocedasticidad: Que los errores tengan varianza constante; Normalidad: Que las variables sigan la Ley Normal.; No colinealidad: Tolerancia <0.10 las variables independientes no correlacionadas entre las mismas.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente sección se presenta los principales resultados del estudio con las diferentes metodologías utilizadas. El objetivo principal es analizar la sostenibilidad ambiental en la industria manufacturera del Ecuador, desde las fuentes energéticas. En donde, se identifica

el comportamiento de las fuentes energéticas, determina el nivel de relación de las fuentes con el gasto y la inversión y finalmente, analiza su incidencia con el gasto e inversión de las industrias para alcanzar la sostenibilidad ambiental en el año 2020.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

El sector manufacturero es una de las industrias que mayor consumo de energía utiliza para las diferentes actividades económicas. A partir de la figura 1 se identifica las principales actividades económicas manufactureras que requieren mayor uso de energía eléctrica.



Figura 2: Consumo energético de la red pública por actividad económica en el sector manufacturero.

Nota. La figura muestra el consumo energético de la red pública por actividad económica en el sector manufacturero.

Fuente: INEC (2016).

Elaboración: Propia.

En el análisis de la figura 2 muestra las principales actividades económicas del sector manufacturero en el Ecuador, que tienden a consumir mayor energía. En primer lugar, tenemos la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos con un porcentaje del 84% de consumo de energía eléctrica, debido a los frigoríficos que poseen, seguido, de las industrias que fabrican productos de plásticos con el 19,54% de consumo de energía eléctrica, los cuales se derivan del petróleo y que para fabricar una tonelada se requiere de seis veces

del consumo eléctrico anual de una familia. Esto concuerda con otros estudios en donde Zapata Chin et al. (2022), en donde explica que la manufactura en el Ecuador se realiza principalmente sobre actividades de producción de alimentos y bienes de consumo final, los cuales suelen ser manuales o altamente automatizados. Como resultado se obtiene que la energía de la red pública es consumida por las industrias manufactureras que se dedican a la elaboración de alimentos, siendo la mayor actividad económica que demanda energía eléctrica.



Figura 3: Consumo de energía eléctrica de la red pública por tamaño de empresa del sector manufacturero en el año 2020

Nota. La figura muestra el consumo de energía eléctrica de la red pública por tamaño de empresa del sector manufacturero, año 2020.

Fuente: INEC (2016).

Elaboración: Propia.

La figura 3 muestra el consumo de energía eléctrica por el tamaño de empresas los cuales son: mediana empresa (A), mediana empresa (B) y grandes empresas. En este apartado se evidencia que

las empresas grandes son las que mayor consumen energía eléctrica con un valor de 84,34%, debido a las actividades que destinan cada una ellas. Mientras que las empresas medianas (B) consumen un 13%

de energía eléctrica respecto al total, seguida de las empresas (A) con un 3% de consumo energético, por lo que, al ser empresas pequeñas no suelen consumir grandes cantidades de energía. El mayor consumo de energía eléctrica verificado por parte de las grandes

empresas tiene un amplio sentido, el cual es debido a que la mayor cantidad de PYMES se concentran en este grupo de empresas, a diferencia de las empresas pequeñas (Ron & Sacoto, 2017).

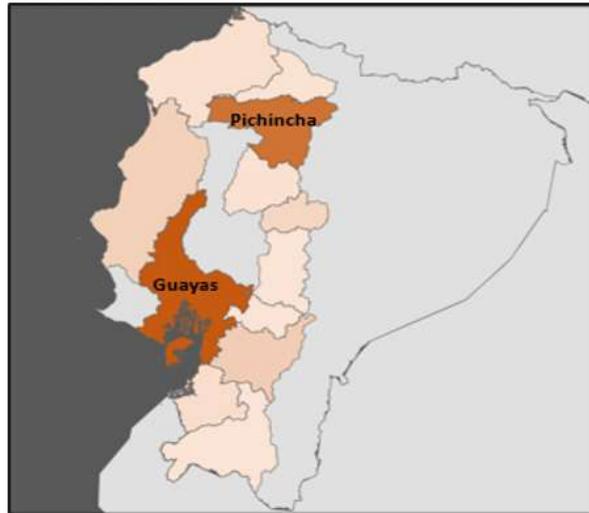


Figura 4: Consumo de energía de la red pública por provincia en el sector manufacturero.

Nota. La figura muestra el consumo de energía de la red pública por provincia en el sector manufacturero.

Elaboración: Propia.

La figura 4 muestra el consumo de energía eléctrica de la red pública por provincia, sede de las empresas de la industria manufacturera en el año 2020. En este apartado se verifica que las provincias del Guayas y Pichincha son las que más consumen energía de red pública, con un porcentaje del 38.85% y 31.91% respectivamente, siendo las provincias que más demandan energía. Esta situación tiene amplio sentido debido a que, en estas provincias predominan el nivel de ingresos, un ejemplo claro

es la Corporación El Rosado, La Favorita y otras grandes empresas que se encuentran ubicadas en estas provincias, siendo estas las que mayores ventas registran y por ende mayor consumo en sus respectivas actividades (SUPERCIAS, 2018).

Luego de realizar el análisis de las figuras presentadas anteriormente, a continuación, se presenta el porcentaje de las empresas que optaron por generar energía alternativa o complementaria.

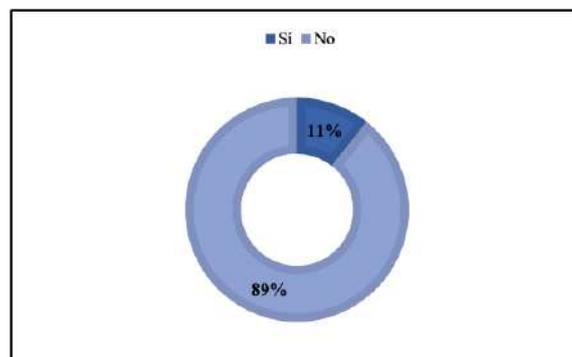


Figura 5: Empresas que generaron energía eléctrica alternativa o complementaria en el sector manufacturero

Nota. La figura muestra las Empresas que generaron energía eléctrica alternativa o complementaria en el sector manufacturero.

Elaboración: Propia.

El análisis se realiza a 703 empresas que pertenecen a la industria manufacturera del año 2020. En base a los datos recolectados, se evidencia que las empresas que generaron energía eléctrica alternativa o complementaria son apenas el 11%, este porcentaje corresponde a 75 empresas de las 703 empresas del sector manufacturero ecuatoriano (Hernández & Mendoza 2018). Mientras que el 89% de las empresas restantes corresponden a las que no generaron energía alternativa, de las cuales son 628 de las 703 empresas dedicadas a actividades de la

manufactura. Es importante mencionar que la falta de optimización en los procesos industriales y trabas a la importación de maquinarias son las principales barreras que impiden implementar medidas de eficiencia energética en Ecuador.

Con el fin de profundizar este análisis, a continuación, se presenta el porcentaje de empresas que generan energía alternativa para cada una de las provincias donde se realizan actividades manufactureras.

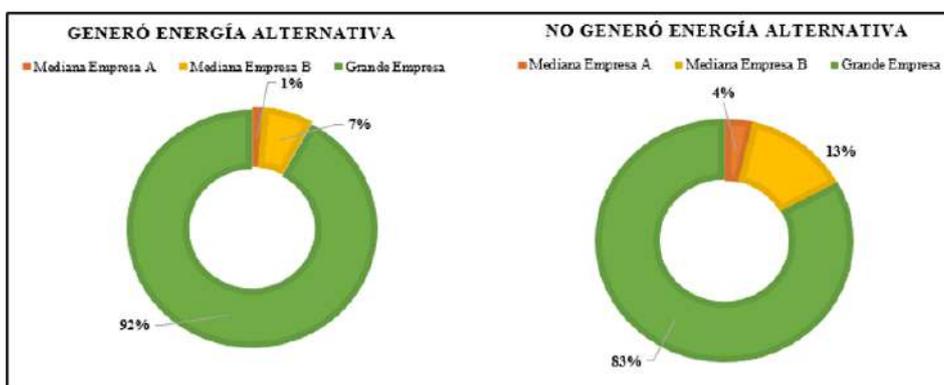


Figura 6: Fuentes de energía alternativa y complementaria por tamaño de empresas en las industrias manufactureras.

Nota. La figura muestra las fuentes de energía alternativa y complementaria por tamaño de empresas en las industrias manufactureras.

Elaboración: Propia.

Contrastando con lo ya mencionado, del 100% de industrias manufactureras solo el 11% generó energía alternativa a la red pública. Por lo que, se realizó un análisis según el tamaño de la empresa en donde se destaca que 69 empresas grandes que representa el 92% generaron energía eléctrica alternativa, seguida de la mediana empresa (B) con 5 empresas representando el 7% y, por último, pero no menos importante la mediana empresa (A) muestra que solo una empresa generó energía alternativa.

Evidenciando que la mayor parte de las industrias manufactureras no generan energía alternativa o complementaria a la red pública.

Luego de analizar el consumo de energía alternativa por parte de las empresas del sector manufacturero, se realiza un análisis más profundo sobre qué tipos de energías alternativas o complementarias a la red pública, fueron generadas y consumidas por las empresas para obtener sostenibilidad ambiental.



Figura 7: Producción de energía eléctrica por fuente en la manufacturera del Ecuador

Nota. La figura muestra la producción de energía eléctrica por fuente en el sector manufacturero.

Elaboración: Propia.

En la figura se presenta la producción de energía alternativa del Ecuador en el año 2020, en donde se puede observar que el 50.42% de energía generada

por las industrias manufactureras provino de la energía térmica, la cual fue la fuente de mayor consumo, seguido de la energía

Contrastando con lo ya mencionado, del 100% de industrias manufactureras solo el 11% genero energía alternativa a la red pública. Por lo que, se realizó un análisis según el tamaño de la empresa en donde se destaca que 69 empresas grandes que representa el 92% generaron energía eléctrica alternativa, seguida de la mediana empresa (B) con 5 empresas representando el 7% y, por último, pero no menos importante la mediana empresa (A) muestra que solo una empresa generó energía alternativa.

Evidenciando que la mayor parte de las industrias manufactureras no generan energía alternativa o complementaria a la red pública.

Luego de analizar el consumo de energía alternativa por parte de las empresas del sector manufacturero, se realiza un análisis más profundo sobre qué tipos de energías alternativas o complementarias a la red pública, fueron generadas y consumidas por las empresas para obtener sostenibilidad ambiental.

biomasa con un 45.69% y, por último, la energía hidráulica o hídrica con el 3,78%, determinando que las dos primeras fuentes son las que más producen energía a las empresas manufactureras. Mientras que la energía solar tiene menor participación en

el sector con un valor del 0,11%, evidenciando que la producción de energía se da a través de fuentes termoeléctricas. Cabe recalcar que en el estudio ninguna empresa manufacturera generó energía eólica.

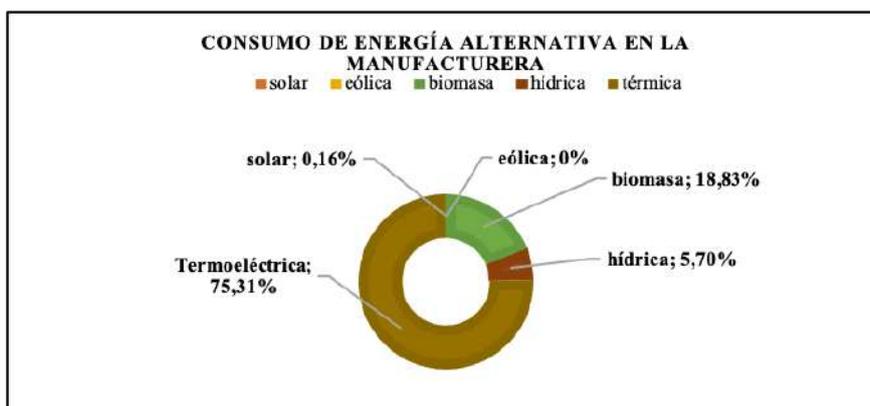


Figura 8: Consumo de energía eléctrica por fuente en la manufacturera del Ecuador
Nota. La figura muestra el consumo de energía eléctrica por fuente en la manufacturera del Ecuador.
Elaboración: Propia.

En la figura se presenta el consumo de energía alternativa de las 75 empresas, de este grupo el 75,31% de energía consumida por las industrias manufactureras provino de la energía térmica, la cual fue la fuente de mayor consumo, seguido de la energía biomasa con un 18,83% y, por último, la energía hidráulica o hídrica con el 5,70%, siendo

estas las fuentes más consumidas por las empresas manufactureras. Mientras que la energía solar en el sector manufacturero tiene menor participación con un valor del 0,16%.

Además, de analizar las energías alternativas o complementarias que generaron y consumieron el sector manufacturero, se verifica la cantidad de empresas que generaron energía alternativa.

Tabla 2. Tamaño de empresas que generó diferente tipo energía alternativa o complementaria

Rango	Tamaño de empresa			kWh/año
	Mediana empresa A	Mediana empresa B	Grande empresa	
Energía solar	0	0	7	597,74
Energía biomasa	0	0	7	259401731
Energía hidráulica	1	0	2	21359189
Energía termoeléctrica	0	5	53	286107136

Nota. La tabla muestra el tamaño de empresas que generó diferente tipo energía alternativa o complementaria
Elaboración: Propia

En base a los datos recolectados considerado el año 2020, se proyecta la producción y consumo, con el fin de identificar el uso de fuentes energéticas por parte de las industrias manufactureras para una sostenibilidad ambiental en el Ecuador. Se verifica que, según el tamaño de empresas la categoría de las grandes empresas solo 7 empresas generaron energía solar, 7 energía biomasa, 2 energía hidráulica y 53 empresas generaron energía termoeléctrica; mientras que la categoría (B) de medianas empresas 5 generaron energía termoeléctrica y finalmente la categoría (A) de medianas empresas solo una

empresa generó energía hidráulica. Por lo que, las grandes empresas son las que mayor gasto o inversión realizan para generar su propia energía para su autoconsumo y obtener sostenibilidad ambiental. Además, en el año 2020 se evidencio que la fuente energética más generada fue la energía termoeléctrica con 286107136,00 kWh/ año respecto a las otras fuentes (Polo, 2021).

Luego de analizar la generación de energía de las fuentes energética según el tamaño de empresa, se levanta información sobre la generación por actividad económica de cada fuente energética.

Tabla 3. Consumo de energía alternativa en la manufacturera

Fuentes alternativas	Actividad económica	
	Actividad	kWh/año
Energía solar	Elaboración de alimentos preparados para animales	419626,00
Energía biomasa	Elaboración de azúcar	259227265,00
Energía hidráulica	Tejedura de productos textiles	21359189,00
Energía termoeléctrica	Fabricación de productos y refinación del petróleo	151357462,00

Nota. La tabla muestra el consumo de energía alternativa en la manufacturera
Elaboración: Propia

Las fuentes de energía son fundamentales en la economía de un país para alcanzar una sostenibilidad ambiental, de esta manera, se presenta que la mayor fuente energética generada por las industrias manufactureras es la energía biomasa la cual se realiza a través de la elaboración de la caña de azúcar, siendo una de las energías que puede ser desarrollada de una manera sostenible debido a que se genera a través de materia biodegradable en este caso materia orgánica. Por lo que, a partir del comportamiento de las fuentes energéticas para alcanzar una sostenibilidad ambiental en industrias manufactureras, el Ecuador ha presentado la falta de tecnología y financiación para el uso de fuentes de energía alternativa o complementaria.

COEFICIENTE DE SPEARMAN

Previo a realizar el análisis de la relación entre las

variables se verifica la prueba de normalidad, en la cual se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para variables dependientes que tiene datos superiores a 50, esta prueba es conocida por comprobar si los datos tienen una distribución normal (Berlanga & Rubio, 2012). La prueba se compone de hipótesis las cuales son: hipótesis nula H_0 los datos son normales, mientras que, la hipótesis alternativa H_1 los datos tienen una distribución no normal. A continuación, se utiliza la regla de decisión, en donde si el p-valor $\leq 0,05$ se rechaza la hipótesis alternativa y si el p-valor $\geq 0,05$ se acepta la hipótesis nula (Flores & Flores, 2021). Finalmente, en este caso los datos no tienen homogeneidad de varianza y se obtienen datos no paramétricos tanto para las variables dependientes como independientes. De esta manera se utilizó la prueba de correlación RHO de Spearman, la cual mide la asociación entre las variables significativas y las variables que no presenta relación.

Tabla 4. Correlación de Spearman Fuentes de energía generada para su autoconsumo de las Industrias Manufacturera

Correlación de las variables		
Fuentes alternativas		Rho Spearman
Gasto y energía eléctrica red pública	Coefficiente de correlación	,540**
	Sig. (bilateral)	0,000
Gasto y energía solar	Coefficiente de correlación	-0,500
	Sig. (bilateral)	0,253
Gasto y energía biomasa	Coefficiente de correlación	0,643
	Sig. (bilateral)	0,086
Gasto en energía hidráulica	Coefficiente de correlación	0,500
	Sig. (bilateral)	0,667
Gasto y energía termoeléctrica	Coefficiente de correlación	,445**
	Sig. (bilateral)	0,000

Nota. La tabla muestra la correlación de Spearman en fuentes de energía generada para su autoconsumo de las Industrias Manufacturera.

Fuente: INEC (2020). **Elaboración:** Propia

A continuación, se presenta la relación entre las variables.

GASTO

Fuente de energía de la red pública: se evidencia que el coeficiente de Rho Spearman es 0,540, reflejando una correlación positiva considerable, además, el nivel de significancia bilateral corresponde al $0,000 < 0,05$ existiendo una relación significativa entre las variables, en este caso a medida que consuman mayor cantidad de energía de red pública aumentara el gasto para las industrias manufactureras.

Fuente de energía solar: en este caso existe un coeficiente de Rho Spearman de -0.500 reflejando una correlación negativa, en este caso las variables asociadas no tienen relación, además, se identifica en la significancia bilateral que es $0,253 > 0,05$ y no tiene una relación entre las variables.

Fuente de energía biomasa: se observa que el coeficiente de Rho Spearman representa el 0,643 siendo una correlación positiva considerable, sin embargo, el nivel de significancia bilateral es de $0,086 > 0,05$, representado que las variables no tienen relación.

Fuente de energía hidráulica: se refleja un coeficiente Rho Spearman de 0.500 y tiene una correlación positiva media, sin embargo, la significancia bilateral es de $0,667 > 0,05$ siendo mayor a la prueba de significancia, no existe relación entre las variables.

Fuente de energía termoeléctrica: se evidencia que el coeficiente de Rho Spearman es 0,445, reflejando una correlación positiva media, además, el nivel de significancia bilateral corresponde al $0,000 < 0,05$ existiendo una relación significativa entre las variables, en este caso a medida que incremente la producción de energía térmica, aumentara el gasto para las industrias manufactureras.

REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Se construyó un modelo de regresión lineal múltiple, usando solamente dos variables que se relacionaron de forma significativa con el gasto, se destacaron las observaciones que afectaban al cumplimiento de los supuestos de la regresión lineal múltiple.

Tabla 5. Regresión lineal múltiple.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	B	Desv. Error	Beta			Tolerancia	VIF
	(Constante)	4,2	1,229				3,418
Ln REDPUBLICA	0,451	0,11	0,48	4,1	0	0,803	1,245
Ln TERMOLECTRICA	0,138	0,057	0,281	2,399	0,02	0,803	1,245

Nota. La tabla muestra la correlación de Spearman en fuentes de energía generada para su autoconsumo de las Industrias Manufacturera.

Fuente: INEC (2020). Elaboración: Propia

Con la información de la tabla 5 se construye el modelo (ecuación 2). Ecuación final del Modelo de Regresión Lineal Múltiple:

$$Gasto = 4,200 + 0,451x_1 + 0,138x_2 + 0.05 \quad (2)$$

X1: consumo de energía de red pública

X2: producción de energía termoeléctrica

En este modelo, el coeficiente que acompaña a la variable X1 indica que, si el resto de las variables se mantuvieran constantes, al existir un aumento del 1% en la variable X1 el cual es consumo de energía eléctrica de la red pública le correspondería, en promedio, un aumento de 45% puntos porcentuales en la variable gasto. En general, en el consumo de energía de red pública, los gastos suelen ser recurrentes y relacionados con el uso continuo de energía eléctrica, como las facturas mensuales de electricidad. Por otro lado, las inversiones tienden a ser menos frecuentes y están dirigidas a mejorar la eficiencia, reducir costos a largo plazo o cambiar a fuentes de energía más sostenibles.

El mismo análisis se aplica para la variable de producción de energía termoeléctrica en la industria manufacturera, el cual significa que, si aumenta la producción de energía termoeléctrica en 1%, el

gasto aumentaría los 13 puntos porcentuales. De esta manera, la proporción de gasto con respecto a la inversión dependerá de la estrategia y las necesidades específicas de la empresa o entidad encargada de la producción de energía termoeléctrica (Hancevic & Navajas, 2015).

Se observa que tiene una tendencia de Beta positiva, en donde muestra a mayor consumo de fuentes de energía de la red pública realizada por las empresas manufactureras existirá un mayor gasto en las industrias, de igual manera, la fuente de energía termoeléctrica tiende a tener tendencia positiva debido a que mayor producción, generará un aumento en el gasto en las empresas. Para las empresas, el costo de adquisición puede ser elevados al igual que las tarifas de la red pública, sin embargo, las empresas en general suelen combinar las fuentes de energía para obtener mayor rentabilidad y sostenibilidad, debido a las políticas gubernamentales relacionadas con energías limpias y eficiencia energética.

Tabla 6. Resumen del modelo del gasto y las fuentes energéticas.

Resumen del Modelo			
R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Durbin-Watson
,655a	0,428	0,406	1,671

Nota. La tabla muestra el resumen del modelo del gasto y las fuentes energéticas

Elaboración: Propia

La tabla 6 muestra el mejor modelo que explica la varianza del gasto, con un menor número de variables independientes. Previo a realizar el modelo se comprobaron los supuestos de homocedasticidad, independencia de errores, normalidad, linealidad y no colinealidad. La varianza del gasto se explica en un 40,6% del R cuadrado ajustado, reflejando el (0,406; p <

0,000) a partir de dos variables independientes. El R cuadrado tiene predicciones similares a las de Giraud & Morantes (2017), relacionada con la sostenibilidad ambiental a nivel de parcelas y edificaciones.

IV. DISCUSIÓN

En los últimos años, se evidencia el aumento

del consumo de energía por parte de las industrias provocando un daño colateral al medio ambiente, de esta manera, el desarrollo sostenible surge como la medida para implementar fuentes alternativas o medidas de gestión energética, con el fin de que las futuras generaciones tengan una vida digna. Es por ello indispensable que las industrias implementen una gestión de energía eléctrica en sus maquinarias o implementar energías alternativas a las de la red pública, para revertir el impacto ambiental provocado por las fuentes no renovables. Por lo que, se consideró realizar un estudio sobre el uso de las fuentes energéticas de la industria manufacturera del Ecuador en el año 2020, con el fin de conocer la realidad sobre el financiamiento económico aplicado en fuentes de energía por parte de las empresas manufactureras para alcanzar la sostenibilidad ambiental. En el estudio se muestra el consumo de energía de la red pública y la generación de fuentes energéticas para su autoconsumo, por parte del sector manufacturero categorizado por actividades económicas, en sus provincias y por tamaño de empresa. Además, se muestra las dos fuentes energéticas que se relacionan con gastos ambientales para sostenibilidad ambiental en la industria manufacturera. La incidencia de las fuentes energéticas sobre el gasto del sector manufacturero que verifica en cuenta variara la variable dependiente.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se identificó a las fuentes energéticas o complementarias como: la solar, eólica, biomasa, hidráulica y termoeléctrica, se evidenció que la energía tanto solar, biomasa, eólica e hidráulica, no son producidas en gran cantidad por las empresas manufactureras, siendo estas poco consumidas en las distintas actividades económicas que destinan las industrias, identificando que no realizan inversión y gasto para una sostenibilidad ambiental en energía eléctrica.

Con el estudio realizado se logró identificar el comportamiento de las fuentes energéticas a través de actividades económicas, provincia y tamaño de empresa. En donde, las empresas grandes del sector manufacturero utilizan más energía de la red pública con un 80% de consumo con respecto a la energía alternativa o complementaria con un 20% para las actividades que realizan las empresas. Se

observó que la producción por parte de las industrias manufactureras de la energía solar fue de un 0,11%, mientras que la energía hidráulica de un 3,78% y la biomasa un 45,69%, por último, la energía termoeléctrica fue la más generada y consumida por las industrias manufactureras con un 50,42%.

Para determinar el nivel de relación entre las variables, se evidencia que la energía termoeléctrica interactúa de manera positiva para la sostenibilidad ambiental por medio del gasto en las empresas manufactureras del Ecuador, permitiendo reducir las emisiones de carbono que se generan a partir de combustibles fósiles como el Diésel, Fuel Oil, entre otros. De igual manera, la energía eléctrica de la red pública interactúa de manera positiva, siendo esta consumida a gran cantidad por las empresas manufactureras influyendo en el gasto de estas, evidenciando que las dos variables se relacionan con el gasto de las industrias manufactureras en el año 2020. Es importante mencionar que las empresas tienden a gastar en mayor proporción, que invertir en fuentes alternativas para reducir costos.

Para establecer la incidencia de las variables independiente y dependiente, se encontró que el gasto de las empresas manufactureras lo realizan en las dos variables estudiadas, debido a que, si aumenta su producción o consumo en energía de red pública como la termoeléctrica, aumentará el gasto en las empresas debido a que, necesitaran de maquinaria que realice menos contaminación en el uso de combustibles o realizar procesos de gestión energética para controlar la producción y consumo racional. Además, es importante señalar que el consumo de energía proveniente de la red pública puede implicar costos adicionales debido a las políticas gubernamentales relacionadas con las energías renovables y las medidas de regulación ambiental. Por lo que estas, políticas buscan fomentar el uso de fuentes de energía más limpias y sostenibles, pero que resultan muy costosas. Por lo tanto, es necesario considerar tanto los aspectos económicos como los ambientales al optar por consumir energía de la red pública, ya que puede haber implicaciones significativas en ambos ámbitos.

AGRADECIMIENTOS

El artículo es presentado en el IV Congreso Internacional Economía y Contabilidad aplicado a

la Empresa y Sociedad ECAES 2023, el trabajo es parte del proyecto de investigación con el nombre “Estrategias de sostenibilidad ambiental bajo principios de economía circular en la industria de manufactura del Ecuador. Un modelo de optimización” PFCAUD 18.

VI. REFERENCIAS

- ARCERNNR. (2020). Estadística anual y multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020. In *Ministerio de Regulación y Recursos Naturales no renovables* (p. 316). <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Estadistica-2020-baja.pdf>
- Baños, R. V., Fonseca, M. T., & Álvarez, M. R. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. *REIRE Revista d Innovación i Recerca En Educació*, 12 (2), 1–10. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). Colombia: PEARSON. Obtenido de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Borroto, A., Lapido, M., Monteagudo, J., Armas, M., Montesinos, M., Delgado, J., Padron, A., Viego, F., & Felix, G. (2005). La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. *Energética*, 65–69. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147019387005>
- Dai, S., Duan, X., & Zhang, W. (2020). Knowledge map of environmental crisis management based on keywords network and co-word analysis, 2005–2018. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121168. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121168>
- Díaz, N., Menoscal, R., & González, M. (2020). Economía circular: desafíos para una visión estratégica de la empresa exportadoras. *Revista Compendium: Cuaderno de Economía y Administración*, 7(3), 120–135.
- Flores, C., & Flores, K. (2021). Tests To Verify the Normality of Data in Production Processes: Anderson- Darling , Ryan-Joiner , Shapiro-Wilk and. *Societas Revistas*, 23(2), 83–97. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/index.html>
- Hancevic, P., & Navajas, F. (2015). Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética: Un enfoque de regresión cuantílica. *Trimestre Económico*, 82(328), 897–927. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ete/v82n328/2448-718X-ete-82-328-00897.pdf>
- Hernández, J. (2010). Inversión pública y crecimiento económico: hacia una nueva perspectiva de la función del gobierno. *Economía Teoría y Práctica*, 33. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/332010/hernandez>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Me G raw H). <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- INEC. (2016). Empresas en el Ecuador. In *Enesem 2016* (p. 22). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias-INEC/2018/Estructural_Empresarial.pdf
- Lovato Torres, S., Hidalgo Hidalgo, W., Fienco Valencia, G., & Buñay Cantos, J. (2019). Efecto del crecimiento económico del sector logístico sobre el Producto Interno Bruto en Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(3), 186–199. <https://doi.org/10.31876/rcs.v25i3.27366>
- Montes, A., Ochoa, J., Juárez, B., Vazquez, M., & Díaz, C. (2021). Aplicación del coeficiente de correlación de Spearman en un estudio de fisioterapia. *Cuerpo Académico de Probabilidad y Estadística*, 1(1), 0–4. <https://www.fcfm.buap.mx/SIEP/2021/Extensos Carteles/Extenso Juliana.pdf>
- ONU. (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. In *Onu*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/>
- Oswald, Ú. (2017). Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*,

- 62(230), 155–195. [https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(17\)30020-X](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(17)30020-X)
- Pala, Z. (2023). Comparative study on monthly natural gas vehicle fuel consumption and industrial consumption using multi-hybrid forecast models. *Energy*, 263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125826>
- Pastran, A. L. (2021). Acción por el Clima: Emprendedores Sostenibles (ODS 12 Producción y Consumo Responsable). *Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 128, 221–233. <https://idbinvest.org/es/blog/energia/la-eficiencia-energetica-en-la-manufactura-de-america-latina-y-el-caribe-opcion-logica>
- Polo, P. (2021). *Energía solar térmica en procesos industriales*. <https://www.interempresas.net/Autoconsumo/Articulos/358591-Energia-solar-termica-en-procesos-industriales.html>
- Ramos, P. J., & Bautista, A. M. (2022). La eficiencia energética: Una estrategia para la economía doméstica en Ecuador Energy Efficiency: A Strategy for the Domestic Economy in Ecuador Eficiência Energética: Uma Estratégia para a Economia Doméstica no Equador. *Ciencias Económicas y Empresariales*, 8(2), 1334–1346. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i2.2708>
- Ron, R. E., & Sacoto, V. A. (2017). Las Pymes ecuatorianas: su impacto en el empleo como contribución del Pib Pymes al Pib total. *Espacios*, 38, 15. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n53/a17v38n53p15.pdf>
- Serna, C. (2010). Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía. *Producción + Limpia*, 5(2), 20.
- Serrano, J., Mejía, W., Ortiz, J., Sánchez, A., & Zalamea, S. (2017). *Determination of the Potential Electric Generation from Biomass in Ecuador*. 2. <http://data.worldbank.org>
- Soaloon, W., Dargusch, P., Wadley, D., & Aziz, A. (2023). A study of management decisions to adopt emission reduction measures in heavy industry in an emerging economy. *Scientific Reports*, 13(1), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-023-28417-2>
- SUPERCIAS. (2018). *Industria manufacturera en el Ecuador*. <https://doi.org/https://investigacionyestudios.supercias.gob.ec/wp-content/uploads/2018/09/Panorama-de-la-Industria-Manufacturera-en-el-Ecuador-2013-2017.pdf>
- Vanegas, J., & Botero, S. (2012). Energy efficiency in microenterprises in Medellín: A study of barriers valuation. *Lecturas de Economía*, 77(77), 129–161.
- Vargas, C., Posada, J., Jaramillo, L., & García, L. (2015). Energy consumption in plastic industry-review of studies developed. *Revista CEA*, 1(1), 93–107.
- Vera, R. A. (2022). *Purgadores de vapor para melhorar a eficiência energética no setor industrial*. 7(3), 1184–1199. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i3.3786>
- Vidal, E., & Regaldo, L. (2022). *Gestión ambiental. Introducción a sus instrumentos y fundamentos*. www.unl.edu.ar/editorial
- Vinuesa, P. (2016). *Correlación: teoría y práctica*. México: CCG UNAM. Obtenido de https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.html
- Zapata Chin, K., Nieves Nieves, W., & Vega Granda, A. (2022). Manufactura y Crecimiento Económico en Ecuador, 1990-2019: Validez de la primera ley de Kaldor. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(1), 169–178.