

## **Estado del arte del proyecto: “Evaluación de barreras e impulsores de la eficiencia energética y estrategias para su mejora en la industria metalmecánica del Departamento Atlántico.”**

**Autores: Jorge Silva Ortega - Aurora Piñeres Castillo - Juan Cabello Eras - Wilmer Herrera Posada.**

### **Resumen:**

La eficiencia energética (E.E) adquirió importancia investigativa a partir de la década de los 70, considerándose importante para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, y para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad. (Neri, Cagno, Di Sebastiano, & Trianni, 2018), establecen que para mejorar el rendimiento de la sostenibilidad, las empresas deben adoptar medidas de sostenibilidad industrial (Nuñez, M et al, 2018), sin embargo, la tasa de adopción de estas iniciativas es baja. En Colombia el uso racional y eficiente de la energía fue declarado como un asunto de interés social, público y de convivencia nacional por la Ley 697 de 2001, en los 17 años que han transcurrido, las autoridades colombianas han desarrollado diferentes esfuerzos para la producción y desarrollo en el país de la eficiencia energética, entre esas las más importantes: - Ley 788 de 2002 Incentivos tributarios por uso eficiente de la energía - Decreto 3683 de 2003- Uso de energías alternativas - Creación del PROURE – Programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencional. - 2008- Reglamento de instalaciones eléctricas RETIE - 2008 Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP - Ley 1715 de 2014 Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. - 2017 Actualización del PROURE Sin embargo, pese a los esfuerzos que el gobierno de Colombia ha realizado en materia de regulación y promoción de la eficiencia energética, basado en la literatura revisada hasta el momento, lo cual incluye el PROURE, la política de energía nacional, plan de gobierno presidencial, estudios de la UPME, tesis de posgrados y artículo científicos, se evidencia que no se han obtenido resultados de investigación rigurosos que identifiquen las barreras que dificultan la implementación de gestión eficiente de la energía a nivel local y nacional, razón por la cual este trabajo es de mucha pertinencia. Tomando en consideración que en el año 2015 la relación entre de energía útil y las pérdidas en la matriz energética nacional fue de 48% y 52% respectivamente, y que el costo de energía desperdiciada fue de casi 4.700 millones de dólares al año, es preciso indicar que en Colombia existe un potencial significativo para mejorar la eficiencia energética (Ministerio de Minas y Energía de Colombia & Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2017). Para el caso particular de la industria de manufactura de productos metálicos, según (PROCOLOMBIA, 2016), existe un potencial de consumo de acero de 7 millones de toneladas en el 2020, además de un aumento de 49% en consumo de productos laminados en los últimos 4 años, sin embargo, en el 2014 el precio de la energía eléctrica para la industria fue de 10 USD Cent/KWh, (Tarifa industrial para consumos mensuales mayores a 500.000 kWh) ubicándose por encima de países como Ecuador, Brasil, Perú y Estados Unidos, lo cual indica que existe una necesidad inminente de invertir en eficiencia energética para promover la competitividad en la industria de manufactura metalmecánica, de tal forma que pueda ser mas competitiva frente a los pronósticos de consumo antes mencionados.

## Marco teórico:

La eficiencia energética ha sido objeto de investigación de múltiples autores alrededor del mundo, quienes han contribuido con sus trabajos para comprender la importancia de esta temática y el impacto de su aplicación en diferentes contextos, en particular en la industria. La (International Organization for standarization, 2011) en la norma ISO 50001 define la eficiencia energética como “la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de la energía”, dicho en otras palabras; reducir el consumo de energía, usar los mismos o menos recursos energéticos para producir más bienes o servicios (García Reina, F, 2019). Sin embargo, aunque la eficiencia energética es beneficiosa para todos los sectores económicos, en la práctica no es ampliamente utilizada, esto debido a que existen factores que obstaculizan su operacionalización, dichos factores son conocidos como barreras. Según (Sorrell, O Malley, Schleich, & Scott, 2004), las barreras a la eficiencia energética inhiben las inversiones en tecnologías que son eficientes desde el punto de vista energético y económicamente eficientes. Para identificar estas barreras a la eficiencia energética en las empresas, se han desarrollado investigaciones en diferentes sectores. (Thollander, 2008) en su tesis doctoral, estudia las barreras y drivers de eficiencia energética en las industrias de manufactura con energía intensiva en Suecia. Los resultados de esta investigación muestran que entre las barreras más importantes se destaca el riesgo a interrupciones en la producción, otras prioridades para la inversión empresarial, falta de acceso a dinero, costos de interrupción en la producción, tecnologías consideradas inapropiadas, costos por información de uso de energía de equipo comprado, falta de financiamiento del presupuesto. Así mismo, entre los Drivers, destaca la existencia de una estrategia energética a largo plazo, y personas con ambición real. También se muestra que las auditorías energéticas son un medio efectivo en términos de dinero público gastado por kWh que proporciona información sobre posibles medidas de eficiencia energética. (McKenna, 2009) En su tesis doctoral, realizó una cuantificación de las medidas técnicas y financieras en las que se puede mejorar la eficiencia energética en la industria, destaca las barreras como un objetivo importante para trabajar en las empresas de tal forma que se pueda aprovechar el potencial de los sistemas de energía. Se destacan barreras del mercado, barreras de organización y comportamiento, también manifiesta que las barreras de mercado más representativas son los costos ocultos, el acceso a capital, así como la información imperfecta. Otra importante contribución fue la realizada por (Bergh & Cohen, 2011), quienes Adelantaron una tesis sobre drivers barreras y oportunidades en la industria de refinación de petróleo crudo en el Sur de África, en esta se indica que los costos en energía de ésta clase de industria oscilan entre el 40% y 50% de sus costos operacionales, siendo las industrias de este tipo en Sudáfrica las que ocupan el ultimo cuartil en términos de rendimiento de eficiencia energética en comparación con la industria de refinería en todo el mundo. Destacan que las principales barreras que impiden para la eficiencia energética en esta industria fueron las financieras económicas y de mercado, las bajas tasas de rendimiento de inversiones en eficiencia energética en comparación con otras inversiones y altos costos de instalación específicos. Otras importantes barreras estaban relacionadas con los ajustes de tecnología en procesos existentes y la no disponibilidad de personal calificado. Desde otro punto de vista, (Ramos, 2011), realizó como tesis doctoral una investigación sobre las barreras y drivers para la eficiencia energética y la mitigación del cambio climático en México, enfocando sus estudios en la industria del acero y el hierro.

Entre las conclusiones de su estudio destaca la existencia de varios tipos de barreras para la eficiencia energética tales como el mercado, la tecnología institucional, administración, prioridad de estrategias, falta de soporte o intervención gubernamental. Indicó que por ejemplo entre las barreras del mercado se encontraba la falta de información suficiente en la organización que afectaba un nivel óptimo de inversiones en eficiencia energética, mientras que, desde un punto de vista técnico, una barrera era la falta de personal especializado y capacitado en cuestiones de energía. Este autor concluye que la eficiencia energética debe hacer parte de la estrategia organizacional, como una ventaja competitiva en el sector en el que se desempeña la empresa. (Miši, 2016), evidencia en su tesis de maestría en barreras y drivers de eficiencia energética industrial y sostenibilidad global, un estudio de casos en las empresas de compuestos polímeros, resaltando que la diversidad de productos obtenidos en esta clase de industrias dificulta que las empresas obtengan información sobre el uso de energía necesaria para producir un solo compuesto, por lo cual desconocen los sectores de producción en los que es más factible aplicar la eficiencia energética, la autora indica como drivers que los incentivos gubernamentales como la devolución de impuestos sobre el impuesto a las energías renovables en Alemania es un potenciador importante (De la Peña et. Al 2018). En Colombia, el gobierno nacional en cabeza del ministerio de minas y energía, e instancias como la Unidad de Planeación Minero Energética, han desarrollado estudios sobre barreras para la eficiencia energética, los cuales han sido descritos previamente en los antecedentes, pero que vale la pena resaltar por su importancia para el desarrollo de la presente investigación. En cuanto a artículos científicos en el contexto mundial relacionados con el tema, se evidencia que existe mucha producción, principalmente en países desarrollados, en los cuales se han analizado las barreras e impulsores de la eficiencia energética en diferentes sectores de la industria tal y como se muestra a continuación. (Brunke, Johansson, & Thollander, 2014) realizaron un estudio de barreras y los impulsores para la adopción de medidas de conservación de energía, prácticas de gestión energética y servicios de energía en la industria siderúrgica, se realizó a través de la aplicación de cuestionarios verificados estadísticamente y entrevistas a los miembros de la asociación siderúrgica sueca, los principales resultados derivaron en que las principales barreras para la gestión de la energía eran de tipo económico y de comportamiento, en cuando a drivers, se trabajó principalmente en la gestión de la energía como práctica institucional. Aunque la mayoría de los estudios en el marco nacional e internacional consultados tocan aspectos generales sobre barreras e impulsores de la eficiencia energética en diferentes sectores. En la industria de manufactura de productos metálicos en el departamento del Atlántico poco se ha estudiado sobre esta temática, lo cual evidencia una gran oportunidad de investigación, de tal forma que se puedan identificar y evaluar dichas barreras y proponer programas y acciones de mejora. Lo anterior justifica la actuación de esta investigación.

### **Estado del arte:**

En Colombia, en la literatura consultada se evidencia que el tema de las barreras en la eficiencia energética es poco estudiado. Las principales contribuciones provienen de organismos del estado y algunos artículos científicos, lo cual supone un nicho de investigación que lleve a posteriores formulaciones de políticas de eficiencia energética en la industria. (Unidad de planeación minero energética, 2001) , generó en asocio con el instituto de economía energética la evaluación de la estructura del mercado de servicios de uso racional y eficiente de la energía, en el cual se presentan un conjunto de barreras que

obstaculizan la eficiencia energética, dichas barreras se centran en aspectos del mercado, sociales, culturales, técnicos, de comportamiento, económico y políticos. Tabla 1. Tipos de barreras para la eficiencia energética en Colombia. Tipos de barreras / Subcategorías

Contexto económico general / Bajo desarrollo y volatilidad de del mercado de capitales; Alto grado de incertidumbre; Alto grado de incertidumbre Plano institucional / Instituciones gubernamentales; Instituciones financieras; Organismos gremiales, empresarios; Empresas distribuidoras y comercializadoras de energía Funcionamiento de las industrias energéticas / Precios de la energía; Equipamiento para generación de energía; Desintegración vertical de la industria de la energía Mercado específico de la eficiencia energética / Demanda; Ausencia de información; Disponibilidad de capital propio; Comportamiento actores de consumo; Altas tasas de descuento; Baja incidencia en los costos de producción; Motivación; Coordinación interna; Responsabilidad económica compartida; Difícil acceso a financiamiento; Oferta de servicios de eficiencia energética. Oferta de eficiencia energética / Número limitado de actores en la oferta de eficiencia energética; Debilidad de actores que participan en la oferta de eficiencia energética Características específicas de los productos o servicios de eficiencia energética / Incertidumbre sobre el desempeño de tecnologías energéticamente eficientes.; Costos de Inversión; Costos de transacción La metodología utilizada para hallar las barreras en este documento, fueron las entrevistas y las encuestas. (Unidad de planeación minero energética, 2003) A través del Plan Energético Nacional, también ofrece un recuento de barreras para la eficiencia energética, que se pueden clasificar en; barreras de mercado, de información, culturales e institucionales. Así mismo indica que dentro de cada una de las barreras mencionadas anteriormente, existen unas subcategorías, tal y como se muestra a continuación: - Deficiencias técnicas de quienes pueden ofrecer servicios de URE. - Falta de financiación para proyectos de URE. - Barreras económicas de los potenciales ahorradores de energía. - Ausencia de credibilidad en las ventajas del URE. - Ausencia de divulgación de los beneficios de la cultura de URE. - Incertidumbre política, social y económica. - Baja continuidad y planeación de los programas Institucionales (Unidad de planeación minero energética, 2006), en el documento; plan energético nacional 2006-2025, muestra el siguiente conjunto de barreras para la eficiencia energética: - Barreras técnicas - Barreras económicas - Barreras financieras - Barreras legales - Barreras institucionales Los autores manifiestan que las barreras con mayor incidencia son las económicas, financieras e institucionales, sin embargo no se ofrece información específica sobre la forma en la que se captó y procesó la información que permitiera hacer tal aseveración. El (Ministerio de minas y energía, 2015), a través de la política de eficiencia energética para Colombia presenta un listado sobre las barreras para la eficiencia energética que identificó el consultor EY building a better working World, dichas barreras hacen referencia a: - Barreras normativas - Barreras de información - Barreras institucionales - Barreras de mercado - Barreras en la estructura de precios - Barreras en los mecanismos de financiación En este documento se presenta de forma más amplia un resumen de barreras en eficiencia energética para el sector industrial asociado con el listado anteriormente citado, sin embargo no se ofrece una metodología clara sobre cómo fueron determinadas. El (Departamento nacional de planeación, 2017), a través del documento “energy demand situation in Colombia”, muestra los resultados obtenidos por el consultor enersinc sobre las barreras para la eficiencia energética en Colombia, las cuales enmarca de la siguiente manera: - Barreras Institucionales: Indica que existe una desarticulación entre la Ley 1715 de 2014 y su desarrollo reglamentario. - Barreras Económicas: Costos para la medición y gestión de la información. - Barreras Regulatorias: Deficiente esquema regulatorio sobre tarifas horarias

que permitan una demanda participativa. - Barreras Tecnológicas y de información: Falta de información en eficiencia y rendimiento de tecnologías, optimización de procesos y beneficios cuantitativos de las tecnologías. El (Banco de desarrollo de América Latina, 2016), hizo un estudio sobre barreras a la implementación de medidas de eficiencia energética en Colombia, destacando las siguientes: - Legales - Económicas - Concienciación - Estructurales - Organizacionales. Lo interesante de esta investigación, es que además de las barreras, también propone impulsores de acuerdo con las condiciones del país. (Vanegas Lopez & Botero Botero, 2012) realizaron un estudio de barreras para la eficiencia energética en microempresas de Medellín, utilizando para ello el método de análisis jerárquico, el resultado de dicho estudio pone de manifiesto que existen barreras tales como la ausencia de incentivos, altos costos iniciales de inversión, falta de conocimiento e información al empresario, falta de disponibilidad de equipos eficientes y riesgos técnicos. El método utilizado para este estudio se centra en la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process). (Alcántara et al., 2018) realizaron un estudio de barreras para la eficiencia energética en hornos de calcinación de óxido de calcio en las fábricas de Colombia, de este estudio, se concluyó que una barrera para la eficiencia energética es la obsolescencia de los equipos utilizados en los procesos productivos, existe un potencial significativo para el ahorro de energía debido a la ineficiencia de la tecnología utilizada actualmente, así como la oportunidad de reducir el impacto ambiental asociado con el uso de combustibles fósiles. Por otra parte, (Yáñez, Ramírez, Uribe, Castillo, & Faaij, 2018) realizaron un estudio sobre las particularidades de la eficiencia energética en el sector de petróleo y gas en Colombia, para determinar potenciales mejoras en esta área, así como potenciales de reducción de CO<sub>2</sub> en la cadena de valor de la industria petrolera, de este estudio es importante resaltar que una de las barreras para la eficiencia energética en Colombia para este sector es el cambio hacia un proceso de extracción de petróleo más complejo debido a que han pasado de explotar el petróleo de extracción fácil a campos maduros más difíciles y reservas no convencionales, como consecuencia de esto se espera un aumento aproximadamente de un tercio en demanda de energía. (Manrique et al., 2018), llevaron a cabo una investigación en la que se caracterizan las barreras para la eficiencia energética en las empresas de producción cerámica, de este estudio se identificó que la principal barrera en este sector son los costos ocultos y se concluyó que la creación de programas que permitan una mayor certeza en la apropiación de nuevas tecnologías podría ayudar a superar las barreras en la industria cerámica de Colombia, para este estudio se hizo correlación entre; la tecnología para precalentamiento, encendido y enfriamiento; año de fabricación, grado de recuperación de calor residual; procesos y sistemas de control de combustión; y si el equipo fue reactivado o no. A partir de lo anterior se evaluó el grado de obsolescencia tecnológica del equipo con respecto a tecnologías más modernas. Por otra parte, (Chejne et al., 2017) investigaron sobre las barreras que dificultan la implementación de medidas de eficiencia energética en la industria cementera de Colombia, su estudio enfatizó en la evaluación del grado de obsolescencia de la tecnología usada en los procesos. Los resultados fueron obtenidos a partir de la realización de encuestas de percepción entre los administradores de energía de las empresas objeto de estudio y corroborados por juicio de expertos. Una vez analizadas los documentos anteriormente citados, se considera que los resultados presentados son importantes para la presente investigación, sin embargo no evidencian las causas por las cuales existe un bajo nivel de eficiencia energética en la industria de manufactura de productos metálicos en el departamento del Atlántico, así como tampoco los impulsores que pueden ser implementados en esta clase de empresas para aumentar su eficiencia energética,

lo cual incentiva a la profundización en el análisis de barreras e impulsores en este tipo de industrias.

### **Bibliografía:**

Backlund, S., Thollander, P., Ottoson, M., & Palm, J. (Diciembre de 2012). Extending the Energy efficiency gap. *Energy Policy*, 392-396.

Banco de desarrollo de américa latina. (14 de Mayo de 2016). Eficiencia energética en Colombia: Identificación de oportunidades. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

De la Peña, Y., Bordeth, G., Campo, H., & Murillo, U. (2018). Energías limpias: una oportunidad para salvar el planeta. *IJMSOR: Revista Internacional de Ciencias de la Gestión e Investigación de Operaciones*, 3(1), 21-25. Obtenido de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/91>

Departamento nacional de planeación. (9 de junio de 2017). Energy Demand Situation in Colombia. *Energy Demand Situation in Colombia*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

García Reina, F., Méndez García, A., & Martínez Ibáñez, L. (2019). Determinación de las propiedades dieléctricas de los combustibles, sus mezclas y del suelo, así como su impacto en un uso eficiente de los recursos energéticos y en la determinación de la contaminación ambiental. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 4(1). <https://doi.org/10.17981/ijmsor.04.01.04>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (30 de enero de 2014). *Metodología de la investigación*. 6. México, Distrito Federal, México.

International Energy Agency. (15 de Septiembre de 2017). Key world energy statistics. Francia. International Organization for standarization. (15 de junio de 2011).

ISO 50001. Sistemas de gestión de la energía- requisitos con orientación para su uso. Ginebra, Suiza.

McKenna, R. (30 de Marzo de 2009). Industry Energy Efficiency Interdisciplinary perspectives on the thermodynamic,. Claverton Down, Bath, United Kingdom.

Ministerio de minas y energía. (14 de agosto de 2015). Política de eficiencia energética para Colombia. Propuesta con medidas para mejorar el uso de fuentes de energía y la eficiencia energética en Colombia. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Neri, A., Cagno, E., Di Sebastiano, G., & Trianni, A. (2018). Industrial sustainability: Modelling drivers and mechanisms with. *Journal of Cleaner Production*, 452e472.

Núñez, M., Correa, J., Herrera, G., Gómez, P., Morón, S., & Fonseca, N. (2018). Estudio de percepción sobre energía limpia y auto sostenible. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 3(1), 11-15. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/89>

PROCOLOMBIA. (5 de febrero de 2016). Portal oficial de inversiones en Colombia. Obtenido de Oportunidades de Inversión en Barranquilla - Atlántico: <http://inviertaencolombia.com.co/sectores/manufacturas/metalmecanica.html>

Sorrell, S., O Malley, E., Schleich, J., & Scott, S. (2004). *The Economics of Energy Efficiency- Barriers to cost-effective investment*. Cheltenham: Edward Elgar.

Thollander, P., & Rohdin, P. (12 de septiembre de 2006). Barriers to and driving forces for energy efficiency in the non-energy intensive manufacturing industry in Sweden. *Energy*, 31(12), 1500-1508. doi:10.1016/j.energy.2005.10.010

Unidad de planeación minero energética. (12 de Octubre de 2001). Proyecto PNUD/COL/97/011/A/01/99 BID 1035/OC-CO. Evaluación de la Estructura y Potencial del Mercado de Servicios de Uso Racional y Eficiente de la Energía. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Unidad de planeación minero energética. (20 de octubre de 2003). Plan Energético Nacional. Estrategia energética Integral 2003-2020. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Unidad de planeación minero energética. (11 de Abril de 2006). Plan energético Nacional 2006-2025. Plan energético nacional, contextos y estrategias 2006-2025. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Unidad de planeación minero energética. (31 de mayo de 2010). Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales PROURE. Plan de acción indicativo 2010-2015. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Vanegas López, J. G., & Botero Botero, S. (22 de Julio de 2012). Eficiencia energética en microempresas de Medellín: un estudio de valoración de barreras. Medellín, Antioquia, Colombia.