

ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA EN COLOMBIA DURANTE EL  
PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 2000-2015

MOHAMED ALI RODRIGUEZ SANTANDER

Trabajo de Grado para optar al título de Economista

Director

AMADO ANTONIO GUERRO RINCON

Economista y doctor en Historia de Ibero-América

Codirector

ANDRÉS FELIPE LEÓN ESTEBAN

Economista y Magíster en Economía y Desarrollo

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía

Bucaramanga

2018

**Dedicatoria**

*Dedico este logro a mis padres  
Leopoldo Rodríguez Quintero y Nelsi Santander García  
por su amor y apoyo en mi proceso de formación.*

### **Agradecimientos**

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres y mis hermanos, quienes estuvieron siempre presentes en mi formación tanto académica como personal, a mis amigos más cercanos y compañeros de formación, a mis profesores y guías que fueron fundamentales durante este proceso de construcción académica.

De manera especial a Andrés Felipe León Esteban por ser un guía y pionero en la exploración de temas nuevos que me permitieron realizar de mejor manera esta investigación.

**Tabla de Contenido**

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	14
1. OBJETIVOS .....	18
1.1 Objetivo General .....	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Marco Referencial.....	19
2.1.1 Economía y energía.....	19
2.1.2 Entropía y economía energética.....	20
2.1.3 Economía Ecológica.....	23
3. METODOLOGÍA.....	29
4. RESULTADOS.....	33
4.1 Intensidad energética en Colombia durante los años comprendidos entre 2000-2015 ..	33
4.1.1 Intensidad energética en el sector manufacturas durante los años comprendidos entre 2000-2015. ....	36
5. INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE .....	42
5.1 Precios y subsidios de los energéticos. ....	42
5.2 Implicaciones de la intensidad energética por sectores de la economía. ....	43

5.2.1 Sector Terciario .....	44
5.2.2 Sector industrial. ....	46
5.2.3 Sector residencial .....	48
5.3 Comparación de resultados con casos de estudio. ....	49
5.3.1 Intensidad energética en América Latina. ....	53
6. CONCLUSIONES .....	54
7. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
APÉNDICES .....	62

**Lista de Tablas**

	<b>Pag</b>
Tabla 1 Calculo de la intensidad energética en los años 2000-2015.....	33
Tabla 2 Variación anual porcentual del índice IE.....	34
Tabla 3 Tabla de índices de intensidad energética, actividad económica y eficiencia energética. ....	37
Tabla 4 Variación anual porcentual del índice IE en el sector manufacturas. ....	39
Tabla 5 Índices de intensidad energética, actividad económica y eficiencia energética en el sector manufacturas. ....	41

**Lista de figuras**

Figura 1 Índice de Intensidad energética para los años del 2000 a 2015.....	36
Figura 2 Descomposición de la intensidad energética agregada a nivel nacional. ....	36
Figura 3 Intensidad energética en el sector manufacturas. ....	38
Figura 4 Descomposición de la intensidad energética agregada a nivel sectorial:	
Manufacturas.....	40
Figura 5 PIB sectorial en colombia desde el año 2010 al 2015. ....	45
Figura 6 Exportaciones de energía en KTEP/AÑO. ....	51

**Apéndices**

Apéndice A Tablas de formulación de precios de energéticos. ....62

Apéndice B Consumo de energía por uso industrial. ....63

## Glosario

AE: Actividad Económica.

EE: Eficiencia Energética.

IE: Intensidad Energética.

MINMINAS: Ministerio de Minas y Energía.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PIB: Producto Interno Bruto.

SUI: Sistema Único de información.

TEP: Toneladas Equivalentes de Petróleo.

UPME: Unidad de Planeación Minero Energética.

**RESUMEN**

**TÍTULO:** ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA EN COLOMBIA DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 2000-2015\*

**AUTOR:** MOHAMED ALI RODRIGUEZ SANTANDER\*\*

**PALABRAS CLAVE:** INTENSIDAD ENERGÉTICA, ACTIVIDAD ECONÓMICA, EFICIENCIA ENERGÉTICA, ECONOMÍA ECOLÓGICA.

**DESCRIPCIÓN:**

Un repaso en los datos de la intensidad energética en Colombia (definida como consumo de energía dividido por el producto interno bruto) revelan que este índice ha disminuido constantemente a lo largo de 15 años después del inicio de siglo, la pregunta lógica que surge es: ¿que pudo haber contribuido a este fenómeno?. Para analizar las causas del movimiento del índice se utilizó el índice ideal de Fisher, es una metodología de descomposición de índices sin residuos, para encontrar las contribuciones relativas de eficiencia energética (mejoras en la eficiencia energética) y actividad económica (cambios estructurales del sector secundario de la economía a otros sectores menos intensivos en consumo energético) en el indicador analizado. Así también analiza el impacto de algunos sectores de la economía en los componentes del índice como el sector terciario, industrial y residencial. Este estudio buscó identificar las posibles causas del comportamiento del índice de intensidad energética y reflexiona sobre ellas, además al ser una primera construcción literaria sobre el tema, busca ser un punto de partida para investigaciones futuras que amplíen el entendimiento del índice ayudando a crear una literatura propia para Colombia.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Escuela de economía y administración. Estudiante decimo semestre de economía

**ABSTRACT**

**TITLE:** ANALYSIS OF ENERGY INTENSITY IN COLOMBIA DURING THE PERIOD INCLUDED BETWEEN THE YEARS 2000-2015\*

**AUTOR:** MOHAMED ALI RODRIGUEZ SANTANDER\*\*

**KEY WORDS:** ENERGY INTENSITY, ECONOMIC ACTIVITY, ENERGY EFFICIENCY, ECOLOGICAL ECONOMY.

**DESCRIPTION:**

A review of the energy intensity data in Colombia (defined as energy consumption divided by the gross domestic product) reveals that this index has decreased steadily over 15 years after the beginning of the century, the logical question that arises is: What could have contributed to this phenomenon?. Now to analyze the causes of the movement of the index, Fisher's ideal index was used, it is a methodology of decomposition of indexes without residues, to find the relative contributions of energy efficiency (improvements in energy efficiency) and economic activity (structural changes in the sector secondary of the economy to other less intensive sectors in energy consumption) in the indicator analyzed. Also analyzes the impact of some sectors of the economy on the index components such as the tertiary, industrial and residential sectors. This study sought to identify the possible causes of the behavior of the energy intensity index and reflects on them, besides being a first literary construction on the subject seeks to be a starting point for future research that will broaden the understanding of the index helping to create its own literature for Colombia.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de ciencias humanas, Escuela de economía y administración.

## Introducción

Desde el año 2012 al 2014, tres cuartas partes de los 20 países que más energía consumían en el mundo habían reducido su nivel de intensidad energética, es decir, la proporción de energía utilizada por unidad de PIB. Esa reducción se produjo principalmente por una mayor eficiencia en los sectores de la industria y el transporte (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2017). Sin embargo, ese avance aún no basta para cumplir la meta de duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética propuesta en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Es importante mencionar que, si bien una reducción de la intensidad energética se toma como un cambio del índice benéfico para el país en cuanto a eficiencia, este índice como tal no explica a qué se debe su reducción y esta reducción puede ser causada por cualquiera de los dos casos siguientes. Okajima & Okajima (2013) afirman que estos casos son:

*...primero, tecnologías más eficientes o medidas de ahorro energético fueron adoptadas y este menor uso de energía produce la misma cantidad de PIB, o segundo, cambios estructurales en la economía ocurrieron y el número de industrias energéticamente intensivas disminuye mientras el número de industrias menos intensivas en el consumo energético como la industria de servicios crecen, estos cambios en intensidad energética y mejoras en eficiencia energética así como los cambios estructurales son esencialmente diferentes.(p.575).*

Debido a lo anterior es necesario separar la intensidad energética y dividirla en eficiencia energética para el primer caso y actividad económica para el segundo, esto es posible si se utiliza el método Metcalf (Metcalf, 2006) para analizar la intensidad energética en Colombia. Además de usarse como herramienta de análisis ayudara a brindar los insumos necesarios para la formulación correcta de políticas energéticas que respondan a los retos propuestos por el crecimiento económico, cambio climático, precios de los combustibles fósiles y aumento de la demanda energética evitando posibles crisis energéticas.

Considerando que los índices energéticos tales como la eficiencia energética y la intensidad energética son una herramienta clave para el desarrollo de las metas en materia ambiental y energética en cada país, así mismo son necesarios para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) propuestos como camino para enfrentar los retos de las economías modernas, como el cambio climático, dependencia de hidrocarburos y la desigualdad del ingreso a favor de erradicar la pobreza. En primer lugar se debe resaltar que sostenibilidad no es lo mismo que inmovilidad; en palabras de Stanley Holling (1973):

*En ocasiones se le define como mantener un estado del sistema en un valor fijo, sin embargo esto no es correcto, de echo todos los sistemas incluso aquellos sin intervención permanecen en constante variación, lo que requiere un cambio adaptativo de creación y destrucción de sus componentes y ambientes, los intentos de "congelar" o estabilizar variables de un sistema como bosques, zonas de pesca, flora y fauna silvestre para alcanzar un desempeño optimo del sistema comúnmente ha conducido a una pérdida de la resiliencia del sistema e incluso su colapso.(p.22)*

Todos los sistemas vivos son cambiantes y lo fundamental no es eliminar los cambios sino evitar la destrucción de las fuentes de renovación a partir de las cuales el sistema puede recuperarse de las inevitables tensiones y perturbaciones a que está expuesto debido a su condición de sistema abierto (Gallopín, 2003). Además de lo anterior dicho, esta la evolución de los conceptos de desarrollo propuesto por Amartya Sen, García (1990) se permite evidenciar como las necesidades de desarrollo se hacen cada vez más prioritarias las cuestiones sobre consumo energético sostenible y desarrollo.

Una visión complementaria a este desarrollo humano es el desarrollo sostenible mencionado en el informe de Brundtland (ONU, 1986), donde el desarrollo sostenible va encaminado a satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la posibilidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. De ahí que el desarrollo humano y desarrollo sostenible son el sustento del análisis de la intensidad energética en Colombia que busca entender el consumo energético e indagar sobre la eficiencia energética del país. Desde ese punto de vista del desarrollo se han de ver los resultados, las conclusiones y su sinergia con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y el propio ideario energético colombiano (UPME, 2015).

A modo de ejemplo, entre 1990 y 2010 la cantidad de personas con acceso a energía eléctrica aumento en 1.700 millones (ONU, 2017). Ahora bien, a medida que aumenta la población mundial también lo hará la necesidad de acceso y disponibilidad de recursos energéticos, así como aumenta la demanda de energía accesible también en una economía global dependiente de combustibles fósiles, habrá un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, generando cambios drásticos en el sistema climático, generando impactos importantes en cada continente.

Dicho lo anterior, en los ODS se desarrolla el objetivo 7 con el fin de resolver los problemas energéticos que crean pobreza y su meta principal es la siguiente “garantizar el acceso universal a electricidad asequible para 2030” y para esto es necesario invertir en fuentes de energía limpia como la solar, eólica y geotérmica. La adopción de estándares eficaces en función del costo en una variedad de tecnologías también podría reducir en 14 por ciento el consumo mundial de electricidad en los edificios. Esto equivale a la energía generada por unas 1.300 centrales medianas cuya construcción se podría evitar (ONU. 2017).

Teniendo en cuenta que el séptimo ODS se divide en un objetivo principal, metas a cumplir y varios indicadores que ayudan a vigilar el progreso para que se cumplan a cabalidad las metas, estas metas se pueden resumir en acceso universal a la energía asequible y sostenible, aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, duplicar la eficiencia energética y aumentar la cooperación internacional. De igual modo, estas metas pueden medirse de diferentes formas, dependiendo de que cómo el país esté más adecuado para su medición, esto lo propone la ONU en la matriz de indicadores para los ODS.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Analizar el índice de la intensidad energética en Colombia en el periodo comprendido entre los años 2000-2015.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Revisar el comportamiento de la intensidad energética en el período 2000-2015, su evolución y sus componentes.
- Calcular mediante el método de descomposición del índice ideal de Fisher (Fisher ideal index) el comportamiento de la intensidad energética durante el periodo de 2000 a 2015.
- Examinar las causas del comportamiento de la intensidad energética y sus implicaciones en la economía nacional.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Marco Referencial

**2.1.1 Economía y energía.** La palabra energía proviene del griego ἐνέργεια, compuesto en ἐν (en), ἔργον (ergon = acción) y el sufijo griego -ia, que indica cualidad, refiriéndose a la capacidad de trabajo o de generar movimiento. Por otro lado, la palabra economía se deriva del griego οἰκονομία, compuesto por οἶκος (casa u hogar) y νέμω (administrador) que dio lugar al nombre de Economía, como la cualidad de administrar el hogar (DRAE, 2018). Ahora bien, la economía y la energía están estrechamente ligadas pues, ninguna actividad económica, moderna o antigua, podría realizarse sin la disponibilidad de la energía.

Considerando que en la historia de la humanidad los problemas energéticos como la disponibilidad de maderas, alimentos, ríos y vientos, como fuente de energía para el transporte y de trabajo han estado presentes desde el establecimiento mismo de las primeras comunidades humanas, no obstante es a partir del uso del petróleo cuando se puede decir que las necesidades energéticas y la humanidad se unen finalmente como uno solo, donde la civilización moderna no podría ser, si sus necesidades energéticas no son satisfechas (Tapia, 2002).

Los temas relacionados con la energía han estado presentes activamente en la literatura económica desde la crisis del petróleo en 1973, pero tienen sus raíces mucho más atrás en la historia. Así, el autor más cercano se encuentra en 1865, William Stanley Jevons, economista

inglés, quien expresó su preocupación por el eventual agotamiento de las reservas de carbón en su obra titulada "The Coal Question" (Jevons, 1865). De igual forma, uno de los mejores primeros intentos de tratar la economía de los recursos finitos o agotables, más precisamente el combustible fósil, fue realizada por Harold Hotelling (Hotelling, 1931) un matemático estadístico y teórico económico en su obra "The economics of exhaustible resources" derivó la creación de la regla de Hotelling<sup>1</sup>, Robert Solow lo describe como "el principio fundamental de la economía de recursos agotables" 1974.

Por consiguiente las relaciones entre la economía, la disponibilidad y uso de los recursos energéticos es fundamental para las visiones del futuro de cada país, de esta manera surgen conceptos y ramas de la economía enfocadas en analizar estas relaciones.

### **2.1.2 Entropía y economía energética.**

*"Debido a la ley de la entropía, entre el proceso económico y el medio ambiente hay un nexo dialéctico. El proceso económico cambia el medio ambiente de forma irrevocable y es alterado, a su vez, por ese mismo cambio también de forma irrevocable..."*

(Georgescu-Roegen, 1989).

---

<sup>1</sup> un índice de precios, donde define que el precio de un bien agotable debe crecer a una tasa igual a la de interés, dentro de una eficiencia en los procesos de extracción y un equilibrio competitivo en la industria de cada recurso.

Para entrar más detalladamente en esta sección se ha de tener en cuenta cómo las leyes de la termodinámica que están basadas en las normas que gobiernan el comportamiento de la materia y la energía se relacionan con el proceso económico, de estas se examinarán las dos primeras leyes; La primera hace referencia a que la energía no se crea ni se destruye, se transfiere o transforma de una forma u otra.

La segunda ley de la termodinámica también es conocida como la ley de la entropía y expresa que mientras no hayan fuentes externas de energía la entropía<sup>2</sup> siempre se incrementa o lo que es igual, que en todo proceso físico la disponibilidad de energía decrece ya sea por degradación o disipación (Díaz, 2016), ahora bien, para un mayor entendimiento de estas leyes debemos definir y relacionar algunos conceptos que se encuentran implícitos.

Respecto a la primera ley mencionada, lleva a replantear el término "producción" pues los procesos productivos absorben y expelen materia y energía (residuos físicos del proceso y energía perdida por calor o degradación) y en cuanto la segunda ley de la termodinámica a modo de ejemplo, si se toma una pieza de carbón que se quema, su contenido de energía química no se reduce ni se incrementa, no obstante la energía liberada se disipa en forma de calor, humo y cenizas de tal manera que ya no es posible utilizarla siendo ahora energía inaccesible.

---

<sup>2</sup> Se entiende por entropía a un tipo de magnitud física que calcula aquella energía que existe en un determinado objeto o elemento pero que no es útil para realizar un trabajo o esfuerzo.

Acorde con la entropía en el ámbito económico, donde los sistemas ordenados tienden al desorden o lo que es igual, las economías basadas en fuentes finitas de energía accesible tenderán al colapso de la misma por el uso de insumos físicos que no pueden ser recuperados y de poder ser reciclados, la energía necesaria usada para este fin sería menor que la energía producida por estos insumos reciclados (segunda ley) y esta es una de las preocupaciones del economista Nicholas Georgescu-Roegen quien a su vez hace un postulado como la cuarta ley de la termodinámica para expresar esta preocupación "Durante el uso de materiales, siempre hay una parte que se degrada y que es imposible de recuperar, ni con los métodos más futuristas de reciclado" (Georgescu-Roegen, 1989.p39)

Siguiendo con el postulado de la cuarta ley de la termodinámica, aparecen opiniones sobre como disminuir el proceso entrópico para postergar la duración de los sistemas ordenados, ya sea por subsistemas que transformen procesos de alta entropía a baja entropía, a modo de ejemplo es el uso del bagazo de la caña para la producción de energía en las plantas azucareras, la implantación de medidas de ahorro y eficiencia energética y el aprovechamiento de la pérdida entrópica del sol (energía solar) para la producción de energía eléctrica son ejemplos de cómo algunos sistemas ordenados pueden valerse de sub sistemas a los que están relacionados para equilibrar o reducir su entropía (Brillouin, 1962.p119) .

Con esto dicho es necesario resaltar el papel de la tecnología y el uso de los recursos para lograr mediante el entendimiento de la relación de la termodinámica y la economía en los sistemas económicos la prolongación de la existencia misma de la humanidad.

**2.1.3 Economía Ecológica.** La economía ecológica (en adelante EE) es la ciencia de la gestión sostenible o el estudio y valoración de la sostenibilidad (Cleveland,2001.p15). La EE es una disciplina científica que integra elementos de economía, la ecología, la termodinámica, la ética y otras ciencias naturales y sociales para proveer una perspectiva integrada y biofísica de las interacciones que se entretajan entre economía y entorno.

Para comprender mejor, la EE no es una rama de la teoría económica, sino un campo de estudio interdisciplinario, lo que quiere decir que cada experto en una ciencia conoce un poco de otras disciplinas, con la finalidad de fusionar conocimientos (Carpintero Redondo, 1999). Se consolida como un campo de trabajo a partir de 1980 y rápidamente incorpora un gran número de investigadores de diferentes disciplinas, interesados en el estudio de los problemas ambientales.

En su análisis se considera esa "caja negra" de los procesos que la economía tradicional no tiene en cuenta: la termodinámica (economía de la física) que registra las pérdidas e irreversibilidades inherentes a los procesos físicos, y la ecología (economía de la naturaleza) que registra la productividad energética y material de los sistemas naturales (Naredo, 1992).

Por consiguiente, la EE proporciona una visión sistémica de las relaciones entre la economía y el medio ambiente, donde la economía constituye un subsistema de un ecosistema físico global finito. Al usar como herramienta de estudio la teoría general de sistemas, asume que se puede encontrar patrones similares de interacción en sistemas muy diferentes y una vez que esos patrones básicos se entiendan, todos los sistemas podrán ser comprendidos en sus interacciones esenciales (Bertalanffy, 1976).

Ahora bien, los sistemas ecológicos y económicos muestran características de los sistemas vivos y para ser comprendidos deben tener en cuenta la historia y los escenarios futuros factibles, lo que implica el estudio de las dimensiones humanas del cambio ecológico y por lo tanto, el estudio de las percepciones humanas sobre el medio ambiente, cosas que la ciencia clásica no permite por ser reduccionista (Van den Bergh, 2000.p.9). Entre los fundadores y promotores principales de esta línea de pensamiento, se destacan los economistas K.E. Boulding, Nicholas Georgescu- Roegen y Herman E. Daly así como los ecologistas C: S: Holling y H: T. Odum. (Castiblanco, 2007.p.3-4).

En relación con la economía ecológica, es muy importante mencionar la economía energética, la cual es una subclase de la misma y se centra en sus relaciones con la energía como base de todas las demás relaciones. La economía energética asume que la cadena alimentaria en la ecología tiene una analogía directa con la cadena de suministro de energía para las actividades humanas.

La economía energética es una amplia área científica que incluye temas relacionados con el suministro y el uso de la energía en las sociedades (Sickles, 2008.p.4). Debido a la diversidad de problemas, métodos aplicados y compartidos con una serie de disciplinas académicas, la economía energética no se presenta como una disciplina académica autónoma, sino que es una subdisciplina aplicada de la economía.

En el ámbito de la economía energética se comparte la idea de que la humanidad podría sufrir su desaparición cuando las fuentes de energía se agoten y esto a su vez es considerado como

inevitable y sin alternativa causado por las propiedades físicas de la materia, en consecuencia, el principio fundamental de la economía energética es la conservación de la energía. La energía tiene una relación directa con todos los procesos productivos de las economías, así mismo la economía energética está presente hoy más que nunca para responder a los retos que presenta el desarrollo sostenible.

Otro rasgo de la economía energética es que se vale de herramientas de diferentes disciplinas. Para el desarrollo de esta investigación se hace énfasis en el análisis de la intensidad energética mediante el uso de números índice para dar una explicación al movimiento de la IE en el tiempo y de esta forma pensar las políticas energéticas para que respondan a las necesidades de la economía.

La intensidad energética es un indicador de la eficiencia energética de una economía, se calcula como la relación entre el consumo energético (E) y el producto interno bruto (PIB) de un país:

$$I = \frac{E}{PIB}$$

Y se interpreta como: "se necesitan X unidades de energía (E) para producir X cantidad de riqueza (I) "

- IE elevada: indica un coste alto en la conversión de energía en riqueza (se trata de una economía energéticamente voraz) se consume mucha energía para la obtención de riqueza o PIB.
- IE baja: indica un coste bajo, se consume poca energía para la obtención de riqueza o PIB

En términos macroeconómicos, la forma más usada para medir la eficiencia energética es a través de la intensidad energética (IE). Este indicador muestra la relación entre el volumen de la actividad económica y el consumo energético final, se calcula como el cociente entre el consumo energético y el PIB.

De su definición se desprende que la intensidad energética, en términos globales, es el valor medio de la cantidad de energía para generar una unidad de riqueza. En primera instancia, podríamos decir que una evolución decreciente de la intensidad energética indica que ahora con un consumo energético menor se puede crear una unidad de PIB lo que se traduce en un aumento de la eficiencia energética global de la economía analizada.

No obstante, para interpretar de forma correcta los resultados, se ha de tener en cuenta los factores que influyen en la evolución del índice, como la estructura industrial del país, tecnología, crecimiento económico, elasticidad de precios y evolución de los mismos, diversificaciones de la tecnología, clima y situación geográfica entre otros. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, se puede resaltar que la IE se emplea como un indicador razonable de las tendencias registradas en la evolución energética de Colombia y otros países, como España e incluso la Unión Europea.

Considerando que tanto los precios de los energéticos y las preocupaciones por el calentamiento global continúan creciendo, las medidas de mejoramiento en el uso de la energía se han vuelto componentes importantes en la agenda pública, en particular, se ha visto gran interés en identificar factores que influyeran el cambio en la intensidad energética (IE) y distinguir la contribución de

la eficiencia energética de otros factores relevantes, esta información es apreciable para la evaluación y toma de decisiones políticas. Además la Eficiencia energética (EE) representa estrategias costo efectivo para abordar cuestiones transversales como la seguridad energética, el cambio climático y la competitividad (Jiménez & Mercado, 2013.p.5).

En la practica la eficiencia energética tiene como objetivo reducir el consumo de energía para obtener el mayor valor posible en el consumo energético, es decir la eficiencia energética es el uso óptimo de la energía para generar bienes o servicios. En otras palabras, el objetivo no es ahorrar luz o consumo eléctrico, es iluminar mejor consumiendo menos energía.

Continuando con las herramientas de la economía energética, los números índice, son una figura de datos económicos, reflejan precios o cantidades comparados con un valor estándar o base. El valor base usualmente equivale a 100 y el numero índice es usualmente expresado como 100 veces el ratio del valor base, por ejemplo, si una mercancía cuesta el doble en 1970 que en 1960, su número índice podría ser 200 relativo a 1960. Los números índice son usados especialmente para comparar actividades de negocios, el costo de vida, o empleo, y permiten a los economistas reducir los datos poco manejables en términos fáciles de entender (Diewert, 1996).

En economía, los números índices son generalmente series de tiempo que resumen los movimientos en un grupo relacionado de variables, en algunos casos, sin embargo, los números índice pueden comparar áreas geográficas en un punto del tiempo; un ejemplo es la paridad del poder adquisitivo, el numero índice más conocido es el índice de precios, que mide los cambios en los precios pagados por los consumidores.

En particular, varios estudios han sido realizados para investigar la IE usando métodos de índices. El primero fue Boyd, McDonald, Ross, & Hanson (1987), en su estudio "Separando la composición cambiante de la producción manufacturera de EE. UU". De la mejora de la eficiencia energética: una aproximación en el índice Divisia<sup>3</sup>, fueron los primeros en usar la teoría de número índice para proveer una descomposición teórica de la intensidad energética. Usando una metodología de índice Divisia analiza la intensidad energética en el sector manufacturas en Estados Unidos.

De igual forma, Greening, Davis, Schipper, & Khrushch (1997) en su investigación "Comparison of six decomposition methods: application to aggregate energy intensity for manufacturing in ten OECD countries" donde comparan seis métodos diferentes de descomposición de la intensidad energética agregada aplicada a los mismos datos para el sector manufactureros en 10 países de la OCDE (La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) desde los años 1970 a 1992.

Seguidos por Bernstein & Griffin (2006) en su estudio "Regional differences in the price-elasticity of demand for energy", quienes estudiaron a nivel de estado las tendencias de IE en los Estados Unidos entre los años 1977 y 1999, revisando qué factores afectaron estas tendencias. Seguidos por Metcalf (2006) en su obra "Energy conservation in the United States: Understanding its roll in cimate policy", quien analizó la IE usando el índice de Fisher en los Estados Unidos a

---

<sup>3</sup> Índice de precios propuesto en 1925 por el economista francés François Divisia.

nivel de estados entre 1970 y 2001 para desenredar elementos claves de la eficiencia energética y la actividad económica que derivan en cambios de la IE.

En 1992 Irving Fisher en su documento: "The making of Index number" trabajó con un índice de precios que intenta medir el cambio porcentual promedio en dos periodos de tiempo para un conjunto de ítems heterogéneos asociados con una corporación o población reconocible, por lo tanto un índice de precios representa el porcentaje promedio del cambio del precio para todos los bienes del consumidor que entran en el presupuesto de todas las casas en la ciudad, región o estado (Departamento).

Típicamente, las cantidades a las cuales el precio relacionado es medido son unidades incomparables, deben ser permitidas para cualquier promediación, un número índice de precios hará esto si se introduce cantidades en peso, representan una importancia relativa de cada ítem del conjunto, introducir un índice de cantidad también usa los precios como en los pesos relativos en dos periodos de tiempo Q.

### **3. Metodología.**

Para la revisión de literatura y antecedentes se procedió a realizar la búsqueda en fuentes secundarias de información relacionadas con el análisis energético, economía ecológica, economía energética y antecedentes de estudios relacionados a la descomposición de la intensidad energética como herramienta de análisis. Para esto se procedió a la búsqueda de documentos en revistas de

alta calificación así como los sustentos teóricos que se encuentren en libros y bases de datos digitales.

La recopilación de datos se hizo mediante fuentes de información oficiales como: XM, SIEL (sistema de información eléctrico Colombiano), DANE (Departamento Administrativo Nacional De Estadística), Banco mundial, UPME (unidad de planeación minero energética) y el CREG (comisión de regulación de energía y gas). De estas fuentes se decide tomar aquellos datos fiables y necesarios para realizar el análisis adecuado siguiendo la propuesta del método Metcalf (Metcalf, 2006).

Para llevar a cabo el análisis energético, se realiza un modelo estadístico como lo proponen Okajima & Okajima (2013) en su estudio “Análisis de la intensidad económica en Japón”, primero realizando la descomposición de la intensidad energética agregada (IEA) como función de la eficiencia de la energía sectorial y la actividad sectorial:

$$e_t = \frac{E_t}{Y_t} = \sum_i \left( \frac{E_{it}}{Y_{it}} \right) \left( \frac{Y_{it}}{Y_t} \right) = \sum e_{it} a_{it}$$

Donde  $E_t$  es el consumo agregado de energía en el año t,  $E_{it}$  es el consumo de energía en el sector i en el año t,  $Y_t$  es el PIB del año t,  $Y_{it}$  es una medida de la actividad económica del sector i en el año t.

En orden de comparar como la IE, eficiencia energética y actividad económica han cambiado con el tiempo, números índice son útiles pues proveen maneras de comparar magnitudes agregadas

de variables relacionadas entre ellas así como para medir los cambios en estas magnitudes en el tiempo.

Como lo menciona Okajima, el índice ideal de Fisher (1992) evita términos residuales que podrían tener efectos sobre el índice de IE, provocando malinterpretar resultados, este índice permite descomponer un índice de gasto en uno de precio y cantidad, es una propiedad muy atractiva para un índice de intensidad energética puesto que otros índices de intensidad tienen términos residuales que dificultan su interpretación y la importancia relativa de los efectos que lo componen y los efectos de la eficiencia. Para construir el índice de Fisher (índice de precios resultado del promedio geométrico de Laspeyres y Paasche) primero debemos calcular los índices Laspeyres y Paasche, así como los índices de eficiencia y actividad, el índice Laspeyres se calcula como:

$$L_t^{act} = \frac{\sum_i e_{i0} a_{it}}{\sum_i e_{i0} a_{i0}}$$

$$L_t^{eff} = \frac{\sum_i e_{it} a_{i0}}{\sum_i e_{i0} a_{i0}}$$

Donde  $L_t^{act}$  es el índice de actividad de Laspeyres y  $L_t^{eff}$  es el índice de eficiencia de Laspeyres, con el año base  $t = 0$  y año final  $t = T$ , construimos el índice de Paasche por consiguiente quedaría así:

$$P_t^{act} = \frac{\sum_i e_{it} a_{it}}{\sum_i e_{it} a_{i0}}$$

$$P_t^{eff} = \frac{\sum_i e_{it} a_{it}}{\sum_i e_{it} a_{i0}}$$

Donde  $P_t^{act}$  es el índice de actividad de Paasche y  $P_t^{eff}$  es el índice de eficiencia de Paasche. El índice ideal de Fisher es el promedio geométrico de los índices Laspeyres y Paasche:

$$F_t^{act} = \sqrt{L_t^{act} P_t^{act}}$$

$$F_t^{eff} = \sqrt{L_t^{eff} P_t^{eff}}$$

El índice de Fisher permite segmentar y agregar el índice de IE en eficiencia y actividad sin residuos, denotando  $e_0$  como el agregado de IE para un año base, un índice intensidad energética  $I_t$  puede ser construido. La descomposición de un índice de IE en uno de actividad y eficiencia es:

$$\frac{e_t}{e_0} = i_t = F_t^{act} F_t^{eff}$$

Aplicando este método de descomposición, se puede determinar como la IE varía si algún índice eficiencia o actividad no hubiese cambiado. Parte de la justificación teórica del índice de Fisher se encuentra en que este reduce el término de error de los índices Laspeyres y Paasche hasta hacerlos insignificantes. De esta forma con el cálculo de Fisher se asegura que el error se minimice a tal punto que sea despreciable y no cause una malinterpretación.

Se usó la descomposición de Fisher del nivel de IE en Colombia en el periodo comprendido entre los años 2000 a 2015, tomando 2000 como año base para el análisis y conclusiones plasmados este documento. Se toman adicionalmente en estos periodos algunos sectores de la economía con el fin de apoyarse en sus resultados para explicar el comportamiento de las tendencias nacionales encontradas; estos sectores son el sector industrial, transporte, construcción, agropecuario.

Seguidamente se elaboró una línea de tiempo donde se pueden superponer los datos calculados, para realizar una relación entre los datos encontrados y lo observado históricamente que ayude a

entender la causa de los resultados obtenidos, se utilizaron las maneras que se encontraron adecuadas para dar resultados más claros (gráficas y tablas).

#### 4. Resultados.

##### 4.1 Intensidad energética en Colombia durante los años comprendidos entre 2000-2015

Siguiendo las pautas planteadas en la metodología de Metcalf (2006), es necesario presentar el índice calculado de la intensidad energética para los periodos correspondientes, así como sus tendencias nacionales y sectoriales.

**Tabla 1**

**Cálculo de la intensidad energética en los años 2000-2015.**

Año	CFT*	PIB**	IE***
2000	20920,57	208.531	100,324
2001	20350,53	225.851	90,106
2002	20530,17	245.323	83,686
2003	21423,49	272.345	78,663
2004	22375,78	307.762	72,705
2005	22704,97	340.156	66,749
2006	23659,51	383.898	61,630
2007	22559,06	431.072	52,332
2008	26674,21	480.087	55,561
2009	25917,93	504.647	51,359
2010	25095,77	544.924	46,054
2011	26830,83	619.894	43,283
2012	27707,16	664.240	41,713
2013	28347,19	710.497	39,898
2014	29900,92	757.065	39,496
2015	29654,87	799.312	37,100

\* Consumo energético final total expresado en Kilo toneladas equivalentes de petróleo anuales. Fuente: Balance energético Colombiano BECO v10.revision.6

\*\* Producto interno bruto expresado en miles de millones de pesos. Fuente: DANE

\*\*\* Intensidad energética calculada como toneladas equivalentes de petróleo/PIB.

La tabla 1 muestra el índice de intensidad energética según el año y se debe entender de la siguiente forma: para el año 2000 el índice de intensidad energética es equivalente a 100,324 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) para producir mil millones de pesos de PIB, así mismo para el 2001 el índice de IE es equivalente a 90,106 TEP, que supone una disminución del 10,18% respecto al año anterior, esto quiere decir que para el año 2001 se necesitaron 10,18% menos unidades de energía para producir mil millones de pesos en PIB.

**Tabla 2****Variación anual porcentual del índice IE**

Año	IE*	Var anual**	Var 2000***
2000	100,324	0%	0%
2001	90,106	10,18%	10,18%
2002	83,686	7,12%	16,58%
2003	78,663	6,00%	21,59%
2004	72,705	7,57%	27,53%
2005	66,749	8,19%	33,47%
2006	61,630	7,67%	38,57%
2007	52,332	15,09%	47,84%
2008	55,561	-6,17%	44,62%
2009	51,359	7,56%	48,81%
2010	46,054	10,33%	54,09%
2011	43,283	6,02%	56,86%
2012	41,713	3,63%	58,42%
2013	39,898	4,35%	60,23%
2014	39,496	1,01%	60,63%
2015	37,100	6,06%	63,02%

\*Índice de (IE) expresado en toneladas equivalente de petróleo por cada mil millones de pesos.

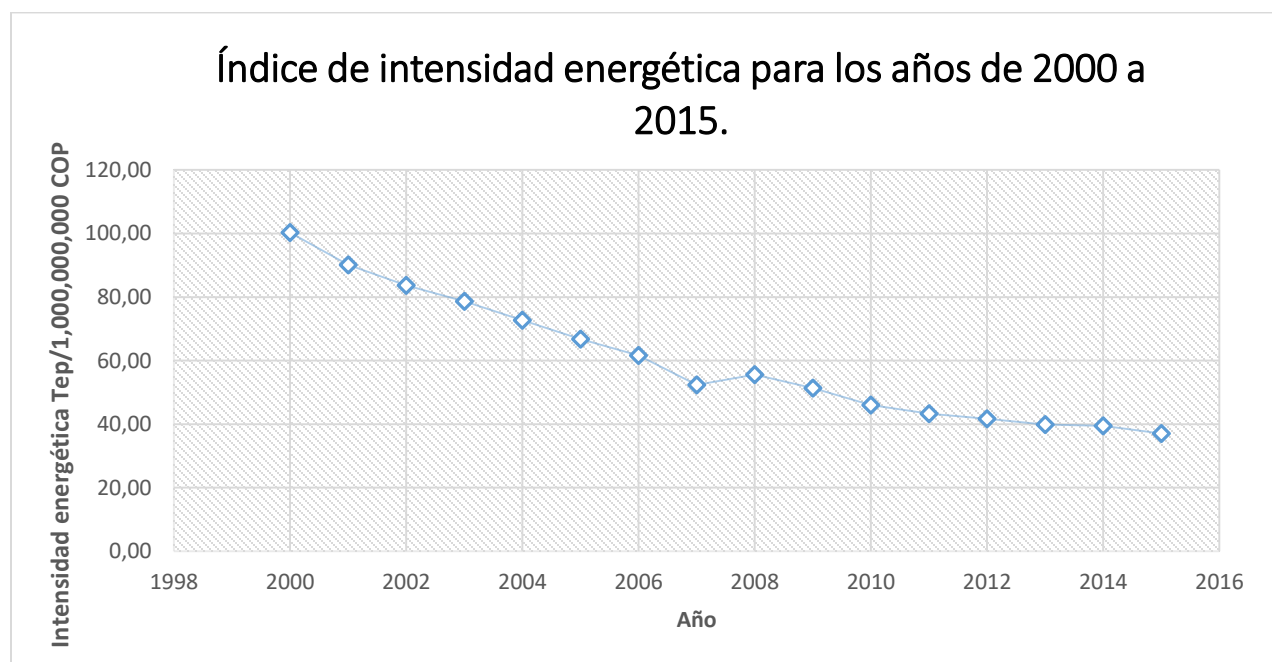
\*\* Variación anual del índice de (IE) respecto al año anterior.

\*\*\* Variación anual del índice de (IE) respecto al año 2000.

La Tabla 2 muestra los cambios porcentuales que ha tenido la intensidad energética desde el año 2000 al 2015 mostrando también la variación anual comparada con el año 2000 que se toma como año base, con el fin de ayudar a identificar años en los cuales se hubiesen producido cambios drásticos que ayuden a explicar su comportamiento.

Dicho lo anterior, destacan los años 2001 con una variación respecto al año anterior del 10,18% en el índice de intensidad energética, luego el año 2007 es el año cuando más grande fue la variación del índice estudiado comparado con los demás, siendo en este año un 15,09% menor que el dato anterior, así también el 2010 con una variación del 10,33%.

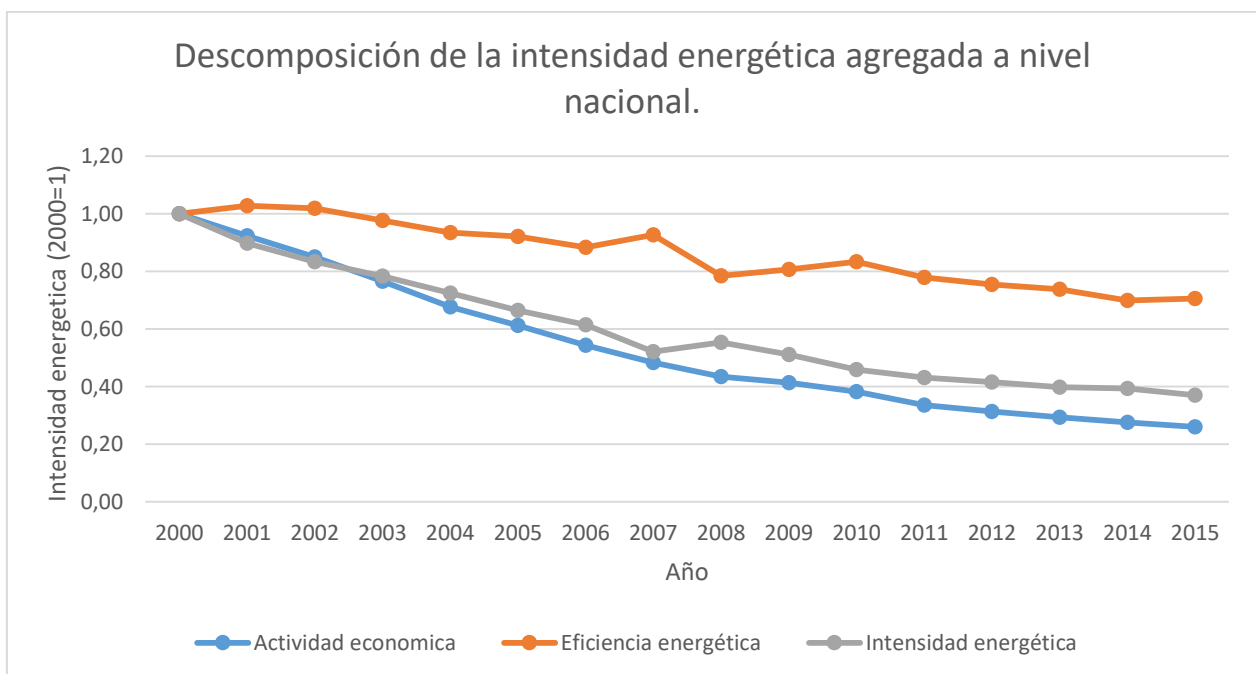
De igual modo los años con menor variación brindan referencias de estudio para identificar el comportamiento del índice a través del tiempo y analizar sus componentes en el tiempo. Se destaca el año 2008 con un cambio negativo en el índice del 6,17% mayor que el periodo anterior, lo que lleva a decir que en este año, en uso de la energía en Colombia pudo haber empeorado ya sea por cambios en el consumo de la energía o el uso ineficiente de la misma, también se destaca el periodo de menor cambio en el índice que está comprendido entre los años 2011 a 2015 con un promedio de crecimiento de solo el 4% aproximado.



**Figura 1 Índice de Intensidad energética para los años del 2000 a 2015.**

Fuente de datos: Balance Energetico Colombiano BECO v10 revision.6

**4.1.1 Intensidad energética en el sector manufacturas durante los años comprendidos entre 2000-2015.** En la Figura 1 se muestra la tendencia nacional de la intensidad energética a través de los años, desde el 2000 a 2015. En el año 2000 fueron necesarios 100,3 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) para producir Mil millones de pesos, al final del periodo revisado en el 2015 solo fueron necesarios 37,1 (TEP) para producir mil millones de pesos, es decir un 37% del nivel que tenía en el año 2000 pero solo un 6,06% menor al nivel del año anterior.



**Figura 2 Descomposición de la intensidad energética agregada a nivel nacional.**

La anterior figura muestra el valor que tomaría el índice de intensidad energética si su cambio dependiera únicamente de uno de los índices que lo compone mientras el otro permanece igual al nivel inicial del año base.

Así, se observa que si únicamente hubiesen cambios en el índice de la actividad económica para el 2015, el índice de la intensidad energética sería el 26% del nivel del año base, calculado mediante la metodología de (Metcalf, 2006) esto muestra que los cambios en la actividad económica colombiana podrían no ir a la par con el consumo energético ya que estarían ligados a actividades económicas menos intensivas energéticamente como el sector de servicios o de agricultura o una disminución de las empresas con altos consumos energéticos como las del sector secundario.

**Tabla 3**

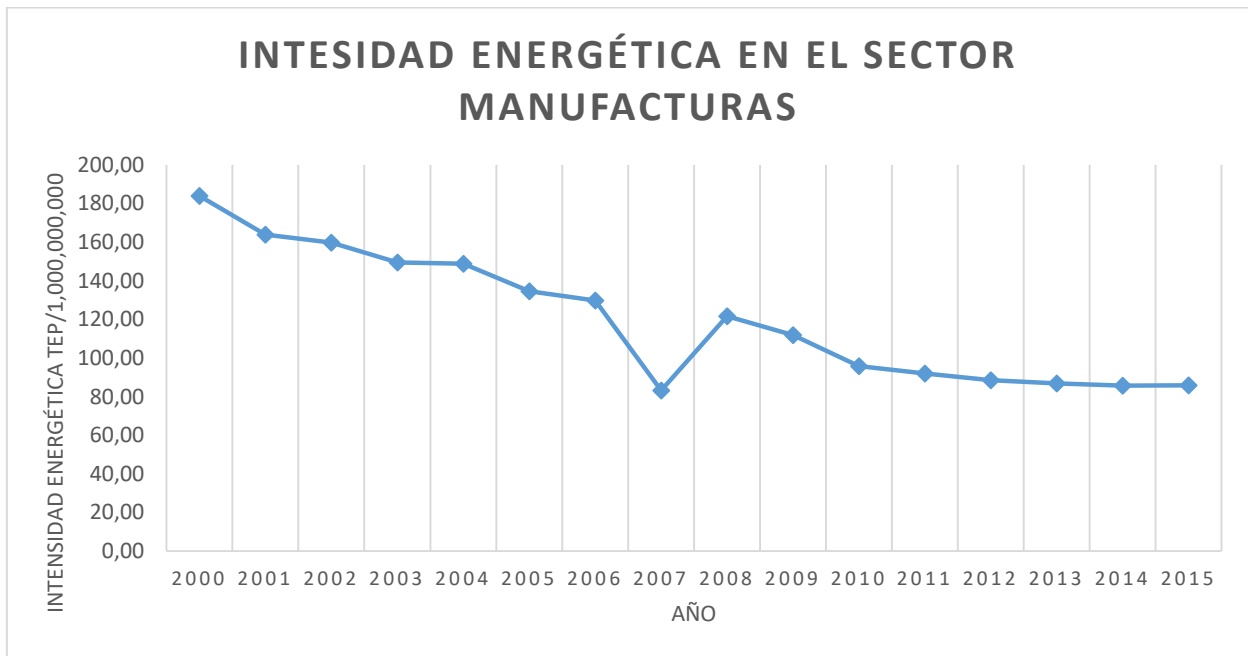
**Tabla de índices de intensidad energética, actividad económica y eficiencia energética.**

Año	Intensidad energética	Actividad económica	Eficiencia energética
2000	1,00	1,00	1,00
2001	0,90	0,92	1,03
2002	0,83	0,85	1,02
2003	0,78	0,77	0,98
2004	0,72	0,68	0,93
2005	0,67	0,61	0,92
2006	0,61	0,54	0,88
2007	0,52	0,48	0,93
2008	0,55	0,43	0,78
2009	0,51	0,41	0,81
2010	0,46	0,38	0,83
2011	0,43	0,34	0,78
2012	0,42	0,31	0,76
2013	0,40	0,29	0,74
2014	0,39	0,28	0,70
2015	0,37	0,26	0,71

Los índices en esta tabla utilizan el año 2000 como año base =1 para determinar los cambios porcentuales de estos índices respecto al año base con el fin de determinar su cambio si uno de los índices actividad o eficiencia no hubiesen cambiado.

La tabla 3 muestra de manera detallada los datos de la figura 2 y se ha de entender de la siguiente forma la tabla muestra el valor que tomaría el índice de intensidad energética si su cambio

dependiera únicamente de uno de los índices que lo compone mientras el otro permanece igual al nivel inicial del año base.



**Figura 3 Intensidad energética en el sector manufacturas.**

Fuente de datos: Balance Energetico Colombiano BECO v10 revision.6

En la figura 3 se muestran la tendencia nacional de la intensidad energética del sector manufacturas a través de los años, desde el 2000 a 2015, muestra que en el año 2000 fueron necesarios 183,99 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) para producir Mil millones de pesos, al final del periodo revisado en el 2015 solo fueron necesarios 85,9 (TEP) para producir mil millones de pesos, es decir un 46,7% del nivel que tenía en el año 2000 pero tuvo un aumento respecto al año anterior.

**Tabla 4****Variación anual porcentual del índice IE en el sector manufacturas.**

Año	IE*	Var anual**	Var 2000***
2000	183,99	0,0%	0,000
2001	163,86	10,9%	0,109
2002	159,73	2,5%	0,132
2003	149,43	6,4%	0,188
2004	148,79	0,4%	0,191
2005	134,62	9,5%	0,268
2006	129,75	3,6%	0,295
2007	83,23	35,9%	0,548
2008	121,61	-46,1%	0,339
2009	111,96	7,9%	0,391
2010	95,74	14,5%	0,480
2011	92,03	3,9%	0,500
2012	88,45	3,9%	0,519
2013	86,86	1,8%	0,528
2014	85,61	1,4%	0,535
2015	85,90	-0,3%	0,533

\*Índice de (IE) expresado en toneladas equivalente de petróleo por cada mil millones de pesos.

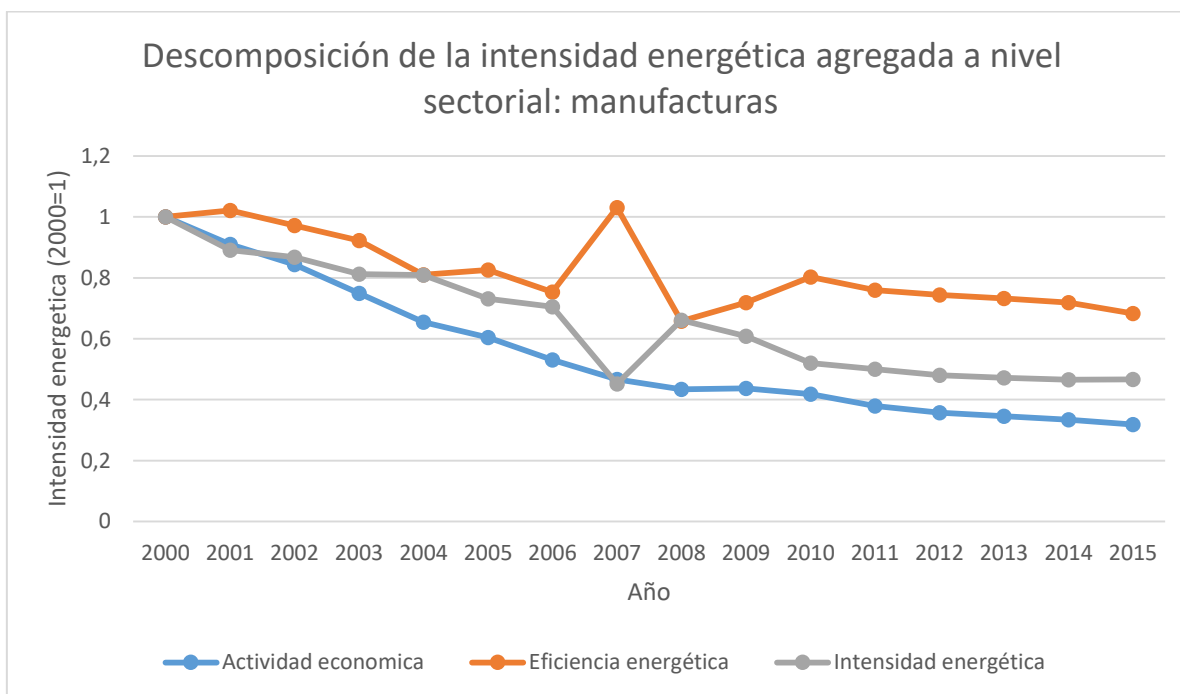
\*\* Variación anual del índice de (IE) respecto al año anterior.

\*\*\* Variación anual del índice de (IE) respecto al año 2000.

La Tabla 4 muestra los cambios porcentuales que ha tenido la intensidad energética del sector manufacturas en Colombia desde el año 2000 al 2015 mostrando también la variación anual comparada con el año 2000 que se toma como año base, con el fin de ayudar a identificar años en los cuales se hubiesen producido cambios drásticos que ayuden a explicar su comportamiento así como desde un sector de la economía como cambia el índice y si este sigue la tendencia nacional.

Dicho lo anterior destacan los años 2001 con una variación respecto al año anterior del 10,9% así como el 2005 con un variación del 9,5% y el 2010 con una importante variación del 14,5%, se destaca el 2007 por ser el periodo con mayor variación respecto al año anterior fue de 35,9%

seguido de una variación negativa o desmejora en el indicador de intensidad energética del 46,1%. Se nota además los periodos de menor variación que comprenden desde los años 2013 a 2015.



**Figura 4 Descomposición de la intensidad energética agregada a nivel sectorial: Manufacturas.**

La figura 4 muestra el valor que tomaría el índice de intensidad energética si su cambio dependiera únicamente de uno de los índices que lo compone mientras el otro permanece igual al nivel inicial del año base en el sector de las manufacturas.

Así se observa que si únicamente hubiese cambios en el índice de la actividad económica para el 2015 el índice de la intensidad energética sería el 31,9% del nivel del año base. Esto muestra que los cambios en la actividad economía Colombiana generan tendencias diferentes entre sectores y diferentes a la tendencia nacional. Similar a la tendencia nacional, los cambios en la actividad

económica han afectado mas al sector de las manufacturas que los cambios ocurridos por el índice de eficiencia energética, mostrando desde el consumo energético como no se han tomado medidas ni políticas eficientes.

**Tabla 5**

**Índices de intensidad energética, actividad económica y eficiencia energética en el sector manufacturas.**

Año	Intensidad energética	Actividad económica	Eficiencia energética
2000	1	1	1
2001	0,891	0,910	1,022
2002	0,868	0,844	0,972
2003	0,812	0,749	0,923
2004	0,809	0,655	0,810
2005	0,732	0,604	0,826
2006	0,705	0,531	0,753
2007	0,452	0,466	1,031
2008	0,661	0,434	0,657
2009	0,609	0,437	0,719
2010	0,520	0,418	0,803
2011	0,500	0,380	0,759
2012	0,481	0,358	0,744
2013	0,472	0,346	0,733
2014	0,465	0,334	0,719
2015	0,467	0,319	0,683

Los índices en esta tabla utilizan el año 2000 como año base =1 para determinar los cambios porcentuales de estos índices respecto al año base con el fin de determinar su cambio si uno de los índices actividad o eficiencia no hubiesen cambiado.

La tabla 5 muestra de manera detallada los datos de la figura 4 y se ha de entender de la siguiente forma, la tabla muestra el valor que tomaría el índice de intensidad energética si su cambio dependiera únicamente de uno de los índices que lo compone mientras el otro permanece igual al nivel inicial del año base.

## **5. Interpretación del índice**

El índice de intensidad energética requiere entender el contexto en el que se desarrolla para dejar ver correctamente la información de utilidad, pues sus cambios solo reflejan la voracidad energética de la economía. De esta manera los datos recolectados tienen apoyo de diferentes casos de estudio que sirven como punto de comparación y análisis, así como los datos nacionales de coyuntura que intervengan en el índice, de esta manera se puede ver de manera más acertada que información revela el índice.

### **5.1 Precios y subsidios de los energéticos.**

En Colombia los precios de los energéticos tienen fórmulas de precios al usuario final en donde convergen factores que obedecen a la formación de mercado, costos de confiabilidades, costos de distancia, indexadores con productos tranzados internacionalmente, impuestos y subsidios, con excepción del carbón cuyo precio está determinado por las dinámicas del mercado.

Esta formación compleja de precios finales dificulta encontrar una manera precisa para que cada usuario tenga un precio eficiente del energético que utiliza, según el ministerio de minas señala que existen espacios de depuración de precios en los conceptos de generación de energía y los incentivos a la autogeneración que pueden avanzar a que los usuarios vean mayores señales de eficiencia en los precios de los energéticos.

Los subsidios a los energéticos en esencia desincentivan la eficiencia energética, si bien se han establecido por razón de competitividad, equidad y solidaridad no se encuentra en su razón de ser un fundamento en la eficiencia, el 67% de los energéticos en Colombia cuenta con subsidios en sus precios.

No obstante, recomendar la eliminación de alguno de estos subsidios con el fin último de mejorar la eficiencia energética ignora la realidad económica y política del país, a pesar de que este tipo de recomendaciones provienen de organismos internacionales que, en el caso de los servicios públicos domiciliarios perciben un esquema de subsidios cruzados con un bajo efecto redistributivo y como desmotivador de la eficiencia energética

Estas razones tanto precios como subsidios inciden en las mejoras de la eficiencia energética a través del tiempo, sin embargo la dificultad en la formulación de precios que muestren eficiencia al usuario final y los incentivos a no mejorar la eficiencia del consumo propiciadas por los subsidios han dificultado la implementación de medidas que busquen mejorar la eficiencia del consumo a largo plazo.

## **5.2 Implicaciones de la intensidad energética por sectores de la economía.**

En todos los sectores de la economía interviene de manera directa el uso y consumo energía para la realización de las actividades y trabajos necesarios para el correcto desempeño de cada sector de la economía, en esta sección se observa cómo desde cada sector de la economía se puede

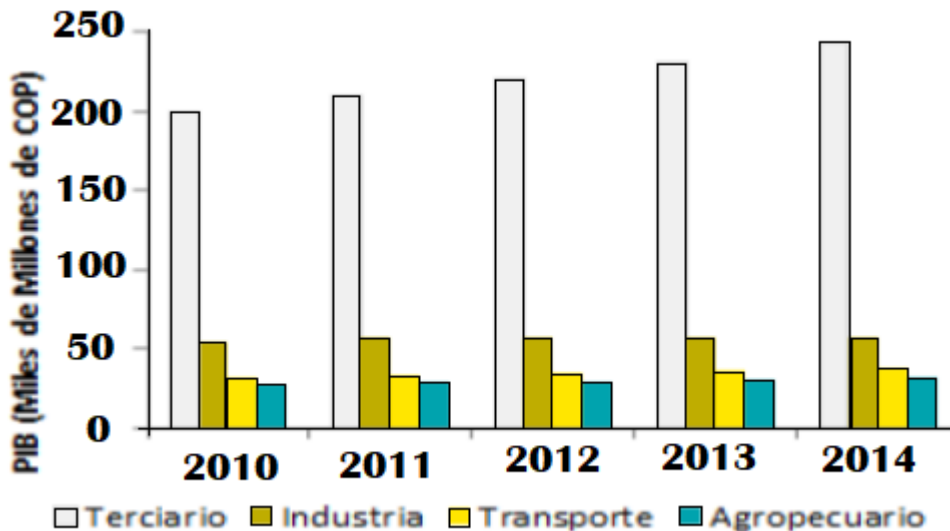
explicar los cambios en el índice, identificar los retos de cada sector, los precios de la energía y la eficiencia de los energéticos juegan un papel crucial.

**5.2.1 Sector Terciario.** Como muestran los datos recolectados, la intensidad energética en Colombia desde el año 2000 al 2015 ha disminuido un 63% comparado al nivel del año 2000 (ver Tabla 2). Este decrecimiento tiene supuestos positivos entre los cuales se encuentran que al mejorar la intensidad energética, así mismo el ritmo del crecimiento de la contaminación ambiental se reduce, se ve como un incentivo a la aparición de empresas de bajo consumo energético como el sector servicios o comercio.

No obstante, este desplazamiento entre sectores no representa un cambio necesariamente eficiente, a modo de ejemplo, los establecimientos de salud, alojamiento y servicios de comida son menos eficientes energéticamente con respecto a las demás actividades económicas del sector terciario, teniendo un impacto del 62% sobre la intensidad energética para el año 2012. Estas actividades tienen un alto consumo de energía atribuido principalmente a los usos de cocción, refrigeración, climatización e iluminación. (MINMINAS, 2015. p.235) los desplazamientos a este sector de la economía menos intensivo en consumo energético pero también menos eficiente, revela una falta de aprovechamiento del consumo intensivo de energía en el sector secundario.

Se debe agregar que el sector hacia el cual la actividad economía ha mostrado un gran crecimiento en los últimos años (Ver gráfica 5) cuenta con deficiencias importantes que ayudan a explicar el lento avance de la eficiencia energética en Colombia entre estas las normativas que carecen de disposiciones en regulaciones que desarrollen la eficiencia energética en

construcciones, Así también existe una falta de integración y definición de competencias entre autoridades nacionales, planes territoriales y normas de construcción.



**Figura 5 PIB sectorial en Colombia desde el año 2010 al 2015.**

Fuente de datos: DANE , Fuente de tabla: Política de eficiencia energética para Colombia p.232. re elaborado.

Se destaca que este sector al igual que el sector residencial consta de dos subsectores, el subsector público (administración pública o gobierno) y el subsector comercial (alojamiento, servicios de comida, comercio al por mayor, educación, salud, cultura y otros servicios). Sin embargo el consumo energético de este sector equivale para el 2015 solo un 7% del consumo total, donde el 88% de este consumo se presenta en el subsector comercial.

Otro rasgo del sector terciario que ha influido en su eficiencia energética son las barreras institucionales que involucran la burocracia necesaria para acceder a los beneficios tributarios, pues involucra diferentes entidades del Estado así como problemas de divulgación de información y por otra parte, de mercado que entre otros involucra el limitado acceso a la información, que

dificulta tener en cuenta criterios de eficiencia energética en las compras de equipo así también en estratos bajos y en las zonas no interconectadas que cuentan con altos costos de generación energética, existen subsidios a la demanda que dificulta reflejar el costo pleno del servicio.

**5.2.2 Sector industrial.** La industria colombiana está dividida en una gran cantidad de empresas con diferentes procesos y generalmente ubicada más cercana a centros de consumo que a los centros de generación de energía. Los procesos de calentamiento directo e indirecto son ampliamente utilizados en los procesos productivos para transformar materias primas en los diferentes productos que se consumen a diario en la economía, esta condición lo hace un candidato obligado para un análisis de eficiencia energética (MINMINAS, 2015 p.25).

Por las características particulares de la industria colombiana, requiere la implementación de sistemas de gestión para recolectar datos con un enfoque en la eficiencia energética. Sin embargo llegar a cada medida requiere contar con auditorías muy particulares para cada industria (ver Apéndice B). El país carece de un instrumento que se ha venido desarrollando en otros países como vínculo para la implementación de medidas de eficiencia energética en la industria, que es un ambiente propicio para las empresas de servicios energéticos (ESCO).

En cuanto a intensidad energética, se destaca que el sector industrial consumió en el año 2012 el 19,2% y el 2015 un 26,12% del total de la energía en el país, las industrias que presentan mayor consumo energético son: químicos y alimentos, bebidas y tabaco, pero a su vez son las que más aportan al producto interno bruto del país. Por otro lado, el subsector que presenta mayor intensidad energética es el de cemento, seguido de hierro, acero y no ferrosos, Estas industrias

presentan una alta intensidad energética debido a su aporte al PIB del país el cual no es tan significativo como el del subsector (MINMINAS, 2015 p.199).

Al igual que en otros sectores la economía el industrial presenta barreras a la eficiencia energética y estas a su vez contribuyen a no alcanzar los niveles de intensidad energéticas competitivos si se le compara este índice en el sector a nivel internacional, desde la parte normativa enfrenta problemas similares al sector terciario, ausencia de regulaciones que desarrollen la eficiencia energética para la construcción, falta de integración de las entidades territoriales, estas falencias fueron identificadas en el proyecto de eficiencia energética en Colombia para el 2015 y el resumen de compromisos del consejo mundial de energía del 2004.

Se destaca en las barreras a la eficiencia energética la parte institucional donde los trámites y requisitos exigidos para acceder a beneficios tributarios por implementación de programas de eficiencia energética en la industria son excesivos e involucran procesos burocráticos complejos que desmotivan las empresas respecto a la implementación de programas de eficiencia y uso de fuentes no convencionales de energía, así también los medios de comunicación no fomentan la divulgación para promover, fomentar y estimular el uso eficiente de la energía.

La estructura organizacional para el soporte de la gestión en eficiencia energética recae en pocas instituciones como la unidad de planeación minero energética (UPME) y fuentes de información como el Sistema único de información SUI, estas instituciones que no están claramente definidas e identificadas para el incentivo al desarrollo de programas que favorezcan el mejoramiento del índice de intensidad energética

Las industrias energéticamente intensas son causantes de una importante parte del índice de intensidad energética y cuando en la economía este sector (sector secundario) hace cambios a otros sectores menos intensivos trae consigo una caída en el índice de intensidad energética, que se puede ver de manera positiva si este indicador se muestra como una representación de la eficiencia del uso energético en la economía, pero debe ser analizado conscientemente para mostrar las potencialidades y fortalezas del sector.

**5.2.3 Sector residencial.** El análisis en el sector residencial para determinar los posibles causantes del movimiento del índice de IE en el espacio de tiempo de esta investigación, presenta grandes retos debido a las características especiales que se han encontrado, las más importantes son derivadas de la necesidad de dividir el sector residencial en dos subsectores, urbano y rural, teniendo el subsector urbano como el de mayor consumo energético. Para el 2012, año en el cual se puede obtener datos fiables del consumo de este sector, que representa un 63% del consumo energético total del sector, mientras el rural el 37% del consumo residencial.

Los problemas para determinar el consumo a nivel del sector residencial, radican en que los datos obtenidos no muestran de manera precisa sino estimada los consumos de ciertos combustibles como la leña, que según las estimaciones del Ministerio de Minas y Energía a 2012 en el subsector rural corresponde un 77% del consumo total, seguido del gas licuado con un 14% y la electricidad con el consumo restante. Destacando que la participación del gas natural es despreciable pues en el subsector rural no hay acceso a este energético.

Para el subsector urbano se destacan como los energéticos de mayor consumo son la energía eléctrica con un 55% y el gas natural con un 35% del consumo energético, representando en conjunto un 89% del consumo total, mostrando que el consumo energético en los dos subsectores tiene un comportamiento diferente lo que hace el análisis sectorial tenga unas variables a consideración bastante específicas, mencionando además que el consumo y la participación de los energéticos difiere entre regiones por variables como temperatura, distancia a nivel del mar y el gobierno local.

El sector residencial en Colombia tiene como problema la implementación de metodologías que sigan la tendencia del índice de IE, pues su aporte al PIB no es calculado en Colombia de manera directa, este es repartido entre los diferentes sectores de la economía, el aporte de los impuestos y el consumo de bienes y servicios, dificultando la construcción del índice principal para el análisis que se determina como el consumo energético sobre el la participación del sector en el PIB nacional.

### **5.3 Comparación de resultados con casos de estudio.**

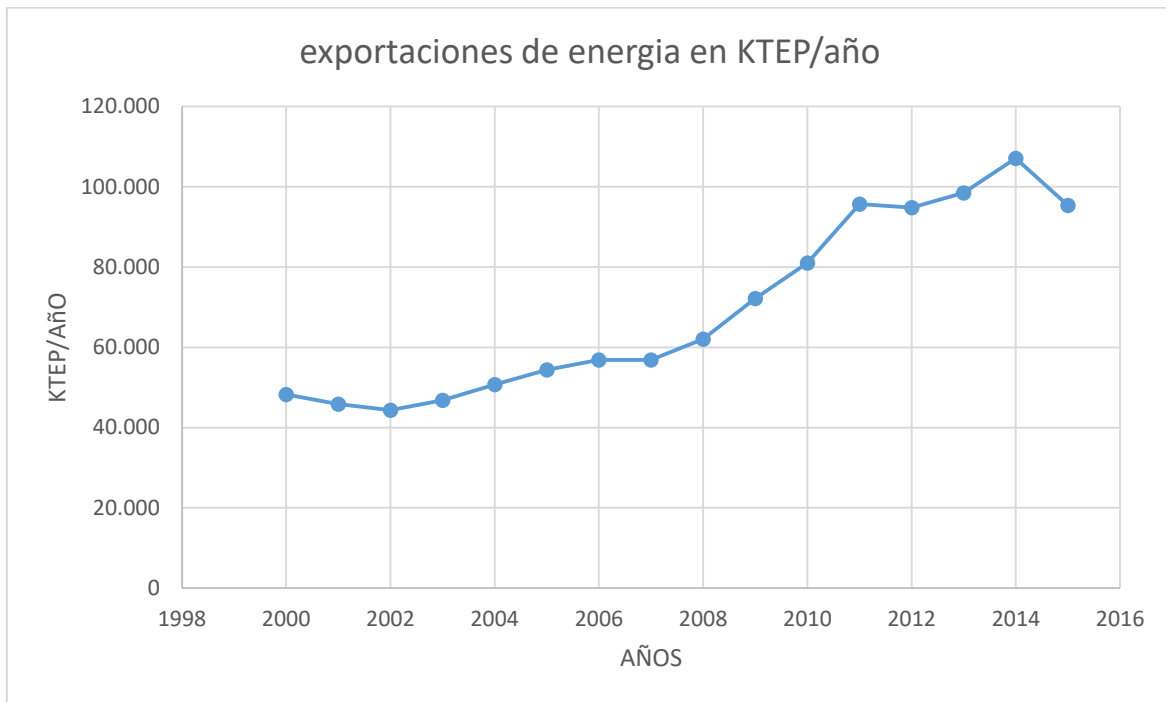
La construcción del indicador para el subsector específico de las manufacturas entre la industria sirve para determinar que la tendencia nacional es diferente a la sectorial en la medida que su sensibilidad a los cambios en los componentes principales que determinan el índice, eficiencia y actividad son diferentes.

Se debe agregar que Colombia comparte con países que tienen indicadores favorables en eficiencia energética un crecimiento en el sector terciario más alto que el de otros sectores productivos de la economía, por dicha razón el indicador de intensidad energética del país ha tenido un comportamiento favorable en términos generales. Esto no refleja un uso más eficiente de la energía. Manifiesta que el crecimiento económico del país se está dando, en mayor medida, en el sector de servicios que utiliza menos energía.

Ahora bien la economía colombiana goza de un superávit energético y esto se revela en las exportaciones de energía<sup>4</sup> no obstante al ser exportador de materia prima para la generación de energía como el carbón o el petróleo, su intensidad podría estar sujeta a los cambios en los precios a nivel internacional.

---

<sup>4</sup> Las exportaciones de energía incluyen el petróleo, gas, carbón mineral, energía hidromecánica, carbón vegetal, coque, EE\_sin, Fuel oil, y gas licuado.



**Figura 6 Exportaciones de energía en KTEP/AÑO.**

También desde los resultados obtenidos por el método ideal de Fisher en cuanto a la participación de la actividad y eficiencia energética (ver tabla 3) en el indicador, se puede observar como es el conjunto de la actividad económica y sus cambios lo que ha impactado con mayor fuerza al índice de IE, comparándolo con el caso de estudio en Sudáfrica se encuentra que parte de los cambios en la reducción de la IE se deben a efectos de desindustrialización y cambio en el precio de los energéticos como carbón gas o petróleo (Adom, 2015) .

Lo anterior lleva a plantear que los cambios negativos del índice de IE a nivel nacional en el año 2008 fueron provocados mayormente por causas posteriores al inicio del proceso de crisis inmobiliaria en Estados Unidos en octubre del 2007 que seguidamente se traslado a la economía internacional. Entre otras consecuencias estan la disminución de los precios del carbón y petroleo,

asi como la desaceleración del crecimiento mundial en las economías, sumándole a esto el incremento en los costos de producción para empresarios, afectando la producción industrial llevados por la depreciación del tipo de cambio y el aumento del precio de las materias primas <sup>5</sup> que tuvieron gran peso en el índice.

Si se compararan los datos obtenidos con el caso de China, se tiene que para el 2002 la intensidad energética china estaba en 4901,9 dólares de PIB por TEP (Palazuelos & García, 2015) y para Colombia este indicador fue de 4768,3 dólares de PIB por TEP lo que supone que la economía colombiana requería un 2,73% más energía que el gigante asiático para producir la misma cantidad de PIB siendo China para el 2002 uno de los países más ineficientes en el uso de la energía.

Uno de los componentes principales de la ineficiencia energética China es la producción energética basada en carbón y gas, esta se traduce en gastos energéticos de autoconsumo en las plantas productoras, así como la precaria infraestructura de transporte energético y de insumos, la falta de enriquecimiento del carbón y la precaria participación de las energías renovables. Esto quiere decir que al igual que Colombia, los componentes que al inicio de siglo más han intervenido en el movimiento del índice se ubican en los cambios de la actividad económica y en menos medida en los cambios en el consumo energético y medidas de eficiencia (Palazuelos & García, 2015).

---

<sup>5</sup> [http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/ijd\\_mar\\_2009\\_resumen.pdf](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/ijd_mar_2009_resumen.pdf)

Ahora bien, en el análisis del componente de eficiencia energética a nivel nacional se ha mostrado que Colombia no ha tomado suficientes medidas para mejorar la eficiencia energética en el largo plazo, su participación en el escenario internacional para la toma de compromisos reales como en el concejo mundial de energía celebrado en el 2004, Colombia no mostró la existencia de programas nacionales de eficiencia energética (World Energy council, 2004 p.232), ni estándares de eficiencia energética térmica en edificios nuevos (World Energy council, 2004 p.237) si ha mostrado tener medidas de incentivos económicos en el caso de la industria donde tiene una política de créditos a bajo costo (World Energy council, 2004 p.243).

Estas comparaciones dan una idea mas clara de la interpretación del índice de intensidad energética, ahora que se tiene el índice de fisher y la descomposicion de la intensidad energética así como sus causas, es necesario en investigaciones futuras encontrar el peso de cada variable en el indicador de intensidad.

**5.3.1 Intensidad energética en América Latina.** La intensidad energética en Colombia sigue la tendencia a reducirse al igual que en los países de América Latina. Una mirada de 40 años sobre varios países muestra que en todos los niveles de ingreso de los países se presenta una reducción del indicador de intensidad energética (Jiménez & Mercado, 2013) se muestra que las variables con mayor peso en determinar el movimiento del índice o su reducción son el ingreso per capita, los precios del petróleo y el crecimiento económico.

Sin embargo, la reducción del índice en américa latina en los ultimos 40 años ha sido menor a la experimentada a nivel mundial, se resalta que en los años 2000 a 2010 esta brecha ha disminuido

enormemente (Jiménez & Mercado, 2013 p.9) en toda la region, no obstante debido a la falta de políticas públicas claras para el uso eficiente de la energía no han llevado a cerrar definitivamente la brecha entre el índice en la región con el promedio mundial.

## **6. Conclusiones**

Para concluir se pueden observar los siguientes puntos, primero se encuentra que la intensidad energética en Colombia disminuyó un 63% desde el año 2000 al 2015, tan solo el 29% de esta disminución es atribuida a la mejora en eficiencia energética, por otra parte a los cambios en la actividad económica se le atribuye un 74% de esta disminución, que es calculado según un método de descomposición con el índice ideal de Fisher. Sin embargo esta disminución no fue uniforme en el tiempo, el indicador mejoró de manera constante hasta el 2007 donde hubo un aumento la intensidad energética y en el 2013 a 2014 donde permaneció sin ningún cambio significativo.

Se encontró que los cambios en el agregado de la actividad económica son considerablemente más importantes que las mejoras en la eficiencia energética en el periodo de tiempo analizado para explicar los cambios en la intensidad energética.

Según los resultados encontrados con otros ejercicios en diferentes países, es necesario realizar investigaciones futuras sobre el peso del ingreso per cápita y el precio de los combustibles sobre la eficiencia energética, así como realizar este análisis a la intensidad energética a nivel departamental y sectorial, identificando las fortalezas y debilidades para una correcta implementación de las políticas energéticas según las necesidades regionales y sectoriales.

Desde que se han tomado pocas medidas de gran impacto en términos de eficiencia energética, esto sugiere que las señales del mercado energético fueron suficientes para corregir las tendencias de los índices energéticos hacia una mejora constante.

Estudios posteriores podrían adicionar una descomposición más detallada y completa al análisis tanto sectorial como regional, para este fin se necesitan datos mejores y más comprobables, que sean sistemáticamente adquiridos en áreas como los precios de la energía, características de las inversiones, la combinación de combustibles usados en las industrias ingreso per cápita regional y participación de los sectores al PIB en especial el sector residencial, un análisis particularmente relevante para la industria es la necesidad de un análisis específico por tipo de industria (Intensidad energética, manufacturas, minería, construcción, etc.).

Cambios en la estructura del intercambio a favor de menos exportación de la energía reduce la intensidad energética, esto quiere decir que las reducciones en la intensidad energética se pueden atribuir en parte a la estructura de intercambio energético actual, así también la desindustrialización de las economías favorecen la reducción de la intensidad energética significativamente, esto sugiere que cambios en la economía hacia otros sectores menos consumidores de energía ayudarían a reducir este indicador.

Este documento es un primer intento en entender las fuerzas que han llevado a las mejoras en la intensidad energética en Colombia desde el año 2000, se ha construido desde una extensa literatura sobre los análisis de descomposición, es el único análisis de los cambios de la intensidad energética usando un método de descomposición sin residuos para Colombia, sin embargo, aún

quedan muchos análisis posteriores para que se pueda avanzar en entender la situación energética en el país a cabalidad.

## 7. Recomendaciones

Se recomienda seguir el ejemplo en políticas de eficiencia energética puesto en marcha por otros países con problemas y características similares, reconociendo la coyuntura actual del país, sus necesidades, así como su relación con el resto del mundo, las metas trazadas para un desarrollo sostenible y unas metas energéticas alcanzables, entre estas recomendaciones a seguir postuló seguir el ejemplo de las iniciativas puestas en marcha en diferentes partes del mundo así como cumplir a cabalidad con los lineamientos trazados en el proyecto de política de eficiencia energética (MINMINAS, 2015) entre estas iniciativas se muestran:

- Perú: “Plan Referencial Del Uso Eficiente De La Energía 2009 - 2018” Como parte de las acciones que se llevaron a cabo a partir de este plan, se encuentran las siguientes: sustitución de 1 millón de estufas tradicionales por estufas eficientes, sustitución de los focos incandescentes por ahorradores, sustitución de 100 mil calentadores de agua eléctricos por solares y mejoramiento de hábitos de consumo.

- Singapur: “Mandatory Energy Labelling scheme” Este esquema obliga a que los bienes registrados tengan etiquetas que desplieguen el consumo de energía. Se creó una calificación de 1 a 5, donde 5 representa a un equipo energéticamente eficiente y 1 representa un equipo poco eficiente. Esto aplica para aires acondicionados, refrigeradores, secadoras y televisores.

- Japón: políticas fiscales Los dueños de residencias altamente eficientes energéticamente, pueden acceder a hipotecas con bajos intereses a través del “Japan Housing Finance Agency”.

A nivel del sector industrial en general se podrían ver las iniciativas postuladas a fin de mejorar el desempeño energético de la industria intensiva y aprovechar el potencial energético de Colombia, ayudando a reducir el índice de intensidad energética en el sector industrial e incentivar las mejoras en eficiencia energética que son precarias en el país:

- Estado de Nueva York: Creó subsidios para la adquisición de nuevos equipos dependiendo de los resultados de la auditoría energética realizada y el potencial de ahorro alcanzable.

Desde el análisis realizado en la última parte de este trabajo, es apremiante recomendar la expansión en el conocimiento en el comportamiento del índice por sector y por región, se han de tener en cuenta los estudios a nivel mundial para determinar el peso relativos de diferentes variables como el ingreso per cápita, la participación en el PIB, coeficientes de desindustrialización y relaciones de intercambio en energéticos, en el índice de intensidad energética, para poder encaminar de manera correcta las políticas públicas que ayuden a mejorar este indicador.

Sin embargo, no se debe desconocer la realidad económica y política de Colombia, que en sus sectores tanto la recolección de datos, instituciones como su funcionamiento son esencialmente diferentes y los análisis derivados de estas diferencias deben ser formulados cuidadosamente para evitar dejar fuera de los modelos variables de peso que no son fáciles de reconocer, como las

mencionadas en los análisis sectoriales de este documento. Se recomienda usar modelos con la metodología de Metcalf y la descomposición sin residuos de Fisher, conociendo que existen más de 10 métodos de diferentes, el método de Fisher destaca por no tener residuos.

**Referencias bibliográficas**

- Adom, p. k. (2015). Determinants of energy intensity in South Africa: Testing for structural effects in parameters . *Energy*, 334-346.
- Bernstein, M., & Griffin, J. (2006). *Regional Differences in the Price-Elasticity of demand for energy*. Santa Monica, California, United States: NREL.
- Bertalanffy, V. (1976). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollos y aplicaciones*. Mexico DF: Fondo de Cultura Económica.
- Boyd, G., McDonald, J., Ross, M., & Hanson, J. (1987). Separating the changing composition of U.S. manufacturing production from energy efficiency improvement: A Divisia Index approach. *The energy Journal*, 2, 77-76.
- Brillouin, L. (1962). *Science and Information Theory*. New York: Academic Press.
- Carpiteno Redondo, O. (1999). *Entre la economía y la naturaleza*. Madrid: Los libros de la catarata.
- Castiblanco, C. (2007). La economía ecológica: Una disciplina en busca de autor. *Universidad Nacional de Colombia*, 10(3), 3-4.
- Cleveland, C. J. ((2001),). *The Nature of Economics and the Economics of the Nature*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Díaz, R. (2016). *Termodinámica: Notas de clase*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Diewert, W. (1996). "Index Numbers" *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*. *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, 2, 767-780.
- DRAE. (23 de febrero de 2018). *dle.rae.es*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=ELVW605>

- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: Un enfoque sistémico*. Santiago de Chile: CEPAL.
- García, A. (1990). *Desarrollo Humano Informe 1990*. Bogotá: Tercer Mundo Editores S.A.  
Obtenido de [http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr\\_1990\\_es\\_completo\\_nostats.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_1990_es_completo_nostats.pdf)
- Georgescu-Roegen, N. (1989). *La ley de la entropía y el problema económico*. México: Fondo de cultura económica.
- Greening, L., Davis, W., Schipper, L., & Khrushch, M. (1997). Comparison of six decomposition methods: application to aggregate energy intensity for manufacturing in ten OECD countries. *Energy Economics*, 19(3), 375-390.
- Holling, S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Ann Rev. Ecol. & Systematics* 4, 1-23.
- Hotelling, H. (Abril de 1931). The economics of exhaustible resources. *The journal of political economy*, 137-175. Obtenido de <http://msl1.mit.edu/classes/esd123/2003/bottles/Hotelling.pdf>
- Jevons, S. (1865). *The coal question: An inquiry concerning the progress of the nation and the probable exhaustion of our coal mines*. London : Macmillan and Co.
- Jiménez, R., & Mercado, J. (2013). Energy Intensity a decomposition and counterfactual exercise for latin american countries. *IDB Working papers series*, 5.
- Metcalf, G. (2006). Energy conservation in the United States: Understanding its roll in climate policy. *working paper*, 14-15.
- MINMINAS. (2015). *Política de eficiencia energética para Colombia (Vol. III)*. Bogotá: MINMINAS. Recuperado el 2018

- Naredo, J. (1992). Fundamentos de la economía ecológica. *Ponencia presentada al IV congreso Nacional de Economía, Desarrollo y Medio Ambiente*. Sevilla.
- Okajima, S., & Okajima, H. (2013). Analysis of energy intensity in Japan. *Energy policy*, 574-586.
- ONU. (1986). *Our common future*.
- Organización de las naciones unidas (ONU). (20 de Diciembre de 2017). *Organización de las naciones unidas*. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Palazuelos, E., & García, C. (12 de Marzo de 2015). La transición energética en china. *Instituto Complutense de estudios internacionales*, 47.
- Sickles, R. (2008). The New Palgrave Dictionary of Economics, 2nd Edition. Abstract. *energy economics*, 4.
- Tapia, G. (2002). *Tecnología e imperio*. Madrid: Nivola.
- UPME. (2015). *Plan energético nacional Colombia: Ideario energetico 2050*. UPME. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen\\_idearioenergetico2050.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf)
- Van den Bergh, J. (2000). *Ecological economics: themes, approaches and differences with environmental economics*. Papers Discusión.
- World Energy council. (2004). *Eficiencia energética: Estudio mundial, indicadores, Políticas, Evaluación, informe del consejo mundial de la energia en colaboracion con ADEME*. World energy council. Obtenido de [http://www.cacme.org.ar/wec/Eficiencia\\_energetica.pdf](http://www.cacme.org.ar/wec/Eficiencia_energetica.pdf).

### Apéndices

Apéndice A Tablas de formulación de precios de energéticos.

#### Estructura de precios de la gasolina

concepto	Porcentaje
Ingreso al productor	52%
Impuesto nacional	14%
Tarifa marcación	0,10%
Tarifa transporte	5%
Margen plan de continuidad	1%
Margen al distribuidor mayorista	4%
Sobretasa	15%
Margen del distribuidor minorista	8%
Pérdida por evaporación	0,40%
Transporte planta abasto mayorista	1%

Fuente: UPME 2014

#### Estructura de precios del ACPM

concepto	porcentaje
Ingreso al productor	60%
Impuesto nacional	15%
Tarifa marcación	0,10%
Tarifa transporte	5%
Margen plan de continuidad	1%
Margen al distribuidor mayorista	4%
Sobretasa	4%
Margen del distribuidor minorista	9%
Transporte planta abasto mayorista	1,00%

Fuente: UPME 2014

#### Estructura de precios de la energía eléctrica

Concepto	Porcentaje Generación	Transporte	Perdidas reconocidas	Restricciones	Distribución	Comercialización
porcentaje	36%	5%	7%	1%	38%	13%

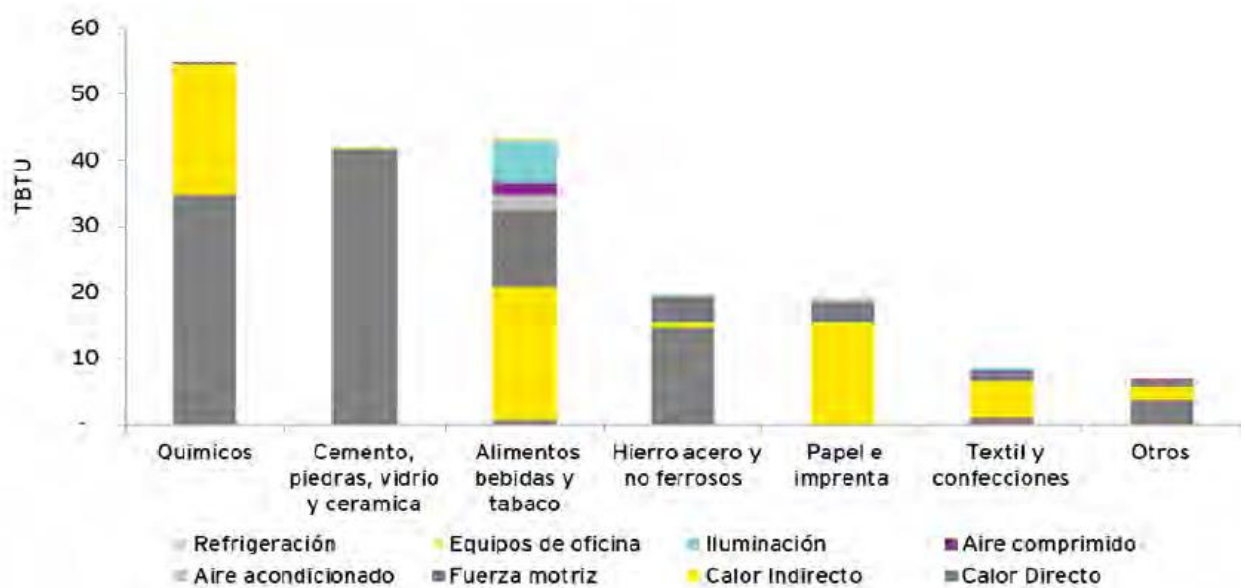
Fuente: UPME 2014

Estructura de precios para el gas natural

Concepto	Porcentaje Generación	Transporte	Perdidas reconocidas	Distribución	Comercialización
porcentaje	32%	20%	4%	33%	26%

Fuente: UPME 2014

Apéndice B Consumo de energía por uso industrial.



Fuente de datos: UPME 2015 Fuente de tabla: Política de eficiencia energética para Colombia 2015.