

*Primer balance de Energía Útil para Colombia y
Cuantificación de las Perdidas energéticas
relacionadas y la brecha de eficiencia energética*

Resumen Ejecutivo BEU Sector Industrial

Bogotá y Karlsruhe, Abril de 2019

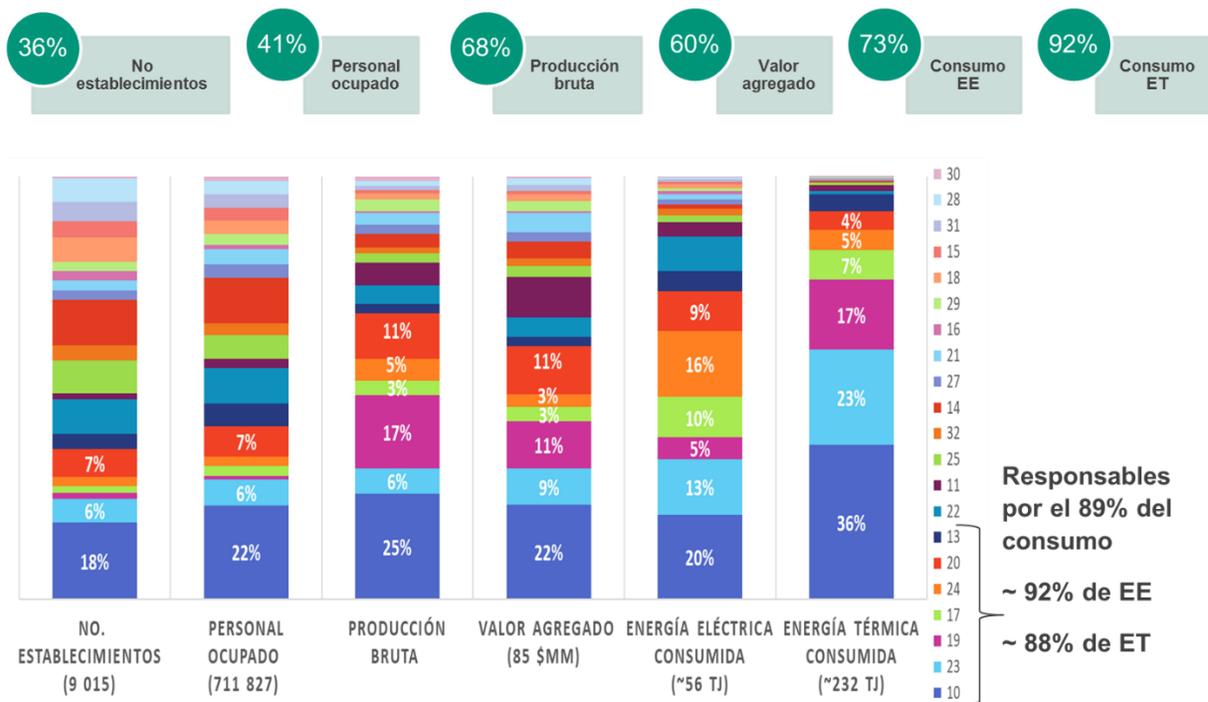
1 Contenido

1. Resultados finales de energía útil del sector industria en Colombia	3
2. Análisis factores de eficiencia sector industria (BEU)	10
2.1. Eficiencias actuales (2015)	11
2.1.1. Fuerza Motriz	11
2.1.1. Calor Indirecto	12
2.1.1. Calor Directo	14
2.2. Recomendaciones finales inventario tecnológico y obtención de datos adicionales	15
3. Incertidumbres en los datos de entrada para el sector industria	18
4. Referencias bibliográficas	19

1. Resultados finales de energía útil del sector industria en Colombia

La energía final del sector transporte corresponde a 289.265 TJ para el año 2015 según lo publicado en el BECO del año correspondiente por la UPME para el 2015. Los usos finales de energía más importantes en la industria Colombiana corresponden a calor indirecto (ej. vapor) con 128.650 TJ (44%), calor directo (ej. Hornos) con 123.062 TJ (correspondiente al 43%) seguido por fuerza motriz correspondiente a 31.474 TJ (11%) incluyendo refrigeración y otros usos (iluminación, IT) corresponden a 6.079 TJ (2%). En base al análisis de la encuesta anual manufacturera (EAM) del DANE se observa que el 36% de los establecimientos (aprox. 3.245) ocupan aproximadamente el 41% del personal de la industria (aprox. 290.000 personas) y representan el 68% de la producción bruta de la industria y aproximadamente el 60% del valor agregado (85.000.000.000 de COP\$) de la industria. Este porcentaje de empresas representan el 73% del consumo de energía eléctrica en la industria Colombiana y el 92% de la energía térmica y corresponden a los CIUUs: 10 (Elaboración de productos alimenticios), 12 (Elaboración de productos de tabaco), 17 (Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón), 19 (Coquización y Refinerías), 20 (Sustancias y productos químicos), 23 (Productos minerales no metálicos), y 24 (Productos metalúrgicos básicos).

Figura 1 Análisis de la Encuesta Anual Manufacturera en la Industria Colombiana - 2015



Fuente: DANE 2015, elaboración propia

La herramienta desarrollada para la UPME por el equipo consultor utiliza un método ascendente (bottom-up) de información de entrada y método de cálculo tanto para la energía final en el sector industrial así como para obtener la energía útil y las pérdidas (en TJ como en US\$) por cada subsector (CIU del 10 al 31). Este resumen ejecutivo analiza de forma concisa los datos de entrada y sus fuentes incluyendo en primera instancia la distribución de la energía final por cada uso de energía y los rendimientos promedios para cada subsector industrial.

La energía útil es calculada con las eficiencias por uso de energía y tecnología tanto para el mercado nacional (eficiencia de referencia) así como con las eficiencias de las mejores tecnologías por uso de energía llamadas BAT del inglés Best Available Technologies. Las eficiencias de las tecnologías en el sector industrial se relacionan a mejoras tecnológicas para calor directo, indirecto y fuerza motriz principalmente.

La energía útil obtenida para el sector industria corresponde a 159.237 TJ o aprox. 55% de la energía final del total industrial. El mayor uso de energía útil corresponde al calor indirecto (53%), 43% calor directo y 2,7% para fuerza motriz incluyendo refrigeración y aire acondicionado. El potencial de incremento de la eficiencia en la energía útil en el sector industrial (mejor referencia a nivel nacional) aumenta a 185.674 TJ, o el equivalente a 17% de incremento. El potencial de buenas prácticas (mantenimiento, reducción fugas, mejor gestión, etc.) incrementa el potencial de referencia en un 4.5%. El potencial de eficiencia al difundir las mejores tecnologías a nivel mundial BAT incrementa en un 33% a 210.853 TJ.

A través de la Herramienta de cálculo para el sector Industrial se estimó la energía final que se obtendría si la eficiencia promedio de las tecnologías transversales y de producción de calor (directo e indirecto) existentes para el 2015 estuvieran en el nivel de la eficiencia de los mejores equipos disponibles en el país para ese año (Eficiencia de Referencia) y si estuvieran en el nivel de la mejor tecnología internacional disponible, este análisis comparativo de la energía final real y las estimaciones considerando eficiencia de referencia y mejores tecnologías (Best Available Technologies: BAT) nos permiten apreciar un descenso considerable en el consumo de energía final del sector industrial. Cabe destacar que aunque lo que se ha denominado Energía Final con eficiencia de referencia (Ef'_r) y Energía Final con eficiencia BAT (Ef'_{BAT}) sea un cálculo teórico si nos permite determinar escenarios de potenciales de eficiencia energética posibles.

La energía útil U_i del uso i se calcula a partir de la energía final Ef_i del uso i y de la eficiencia η_i del uso i .

$$U_i = Ef_i \eta_i,$$

Cuando tengo una eficiencia mejor, tal como la eficiencia de referencia η_r que en este caso es la mejor eficiencia a nivel nacional, entonces la energía final será menor y se calcula como:

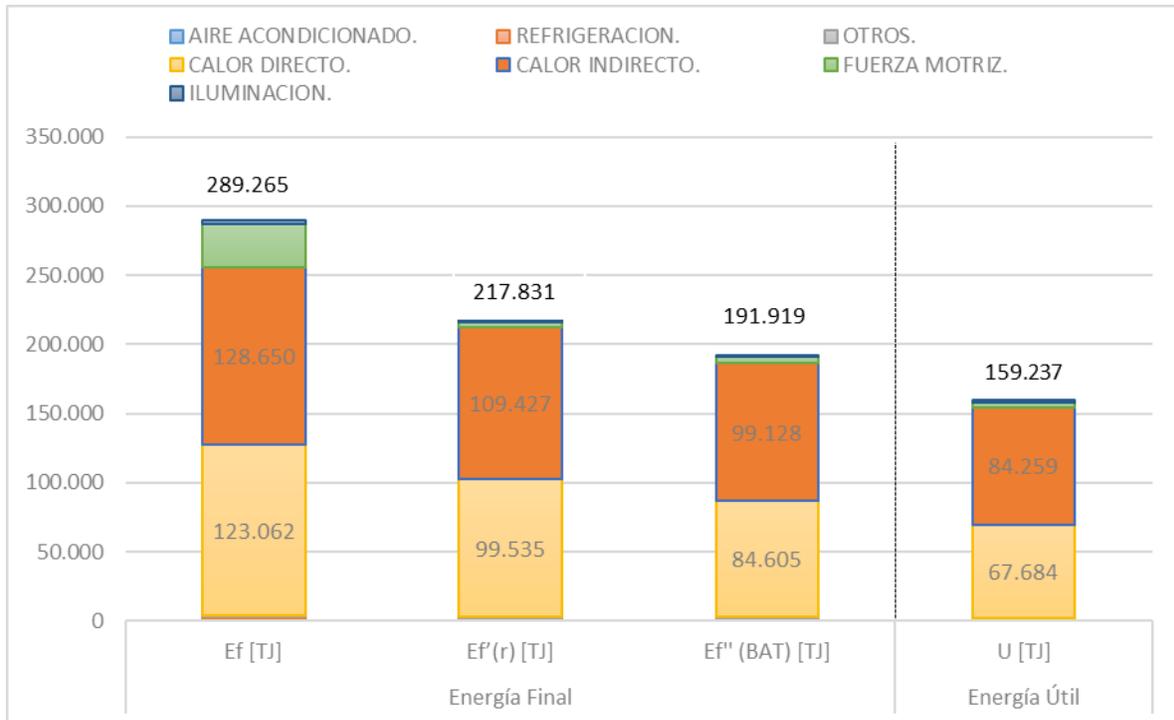
$Ef'_{ri} = U_i / \eta_{ri}$ y la diferencia entre las dos energías finales es el potencial de ahorro $P_i = Ef_i (1 - \eta_i / \eta_{ri})$ como son descritas en la parte metodológica del balance de energía útil.

Algo similar se puede hacer para calcular la energía final del uso i con η_{BATi} la eficiencia BAT_i.

Paralelo a la evolución de la Energía final en la industria para sus usos mas relevantes, en la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** se presenta la energía útil estimada para 2015 (U)

que corresponde a la energía final por la eficiencia de la tecnología existente y en uso para todos los sectores Industriales (CIU 10 a 31) en Colombia para 2015. Esta energía útil se compara con la energía útil considerando la eficiencia de referencia y la eficiencia BAT, al igual que en el análisis de Energía final, la comparación de la energía útil real y las calculadas con las eficiencias de referencia (U_r) y BAT (U''_{BAT}) podría considerarse como escenarios de incremento de la energía útil o de la eficiencia energética debido a una penetración de tecnologías más eficientes.

Figura 2 Balance de energía útil para el sector industrial en Colombia – resultados finales en TJ



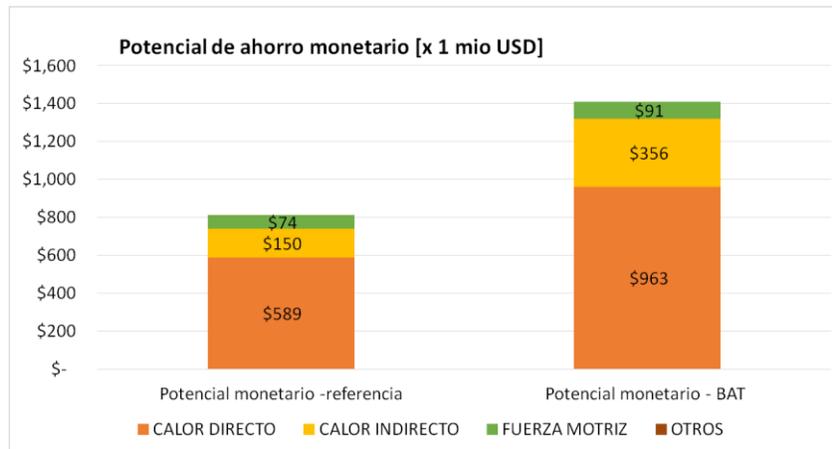
Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, 2019.

Uno de los retos más importantes en la industria corresponde a la estimación de la energía útil para cada 289.265 eficiencia promedio que se consideró en este estudio incluye la eficiencia de la primera conversión (e.g. producción de vapor). Sin embargo la distribución del vapor en el sistema de producción y de energía de distintas industrias es muy complejo de resumir en un promedio de eficiencia y presenta con seguridad muchas ineficiencias en distintos tipos de industrias. Esto está explicado con un ejemplo en las secciones posteriores. El número de varios sub-procesos en los procesos productivos en la industria contienen diferentes procesos con el uso de varias tecnologías de energía. Esta información es muy heterogénea y no existe datos agregados para los procesos así como para los distintos sectores industriales. La agregación estadística de sectores industriales (CIU) contienen un gran número de tipos de producción para diversos productos. A ese nivel es muy

complejo resumir con eficiencias promedios. A nivel de auditorías en Colombia se observan muchas ineficiencias a nivel de proceso en todos los usos de la energía en la industria Colombiana.

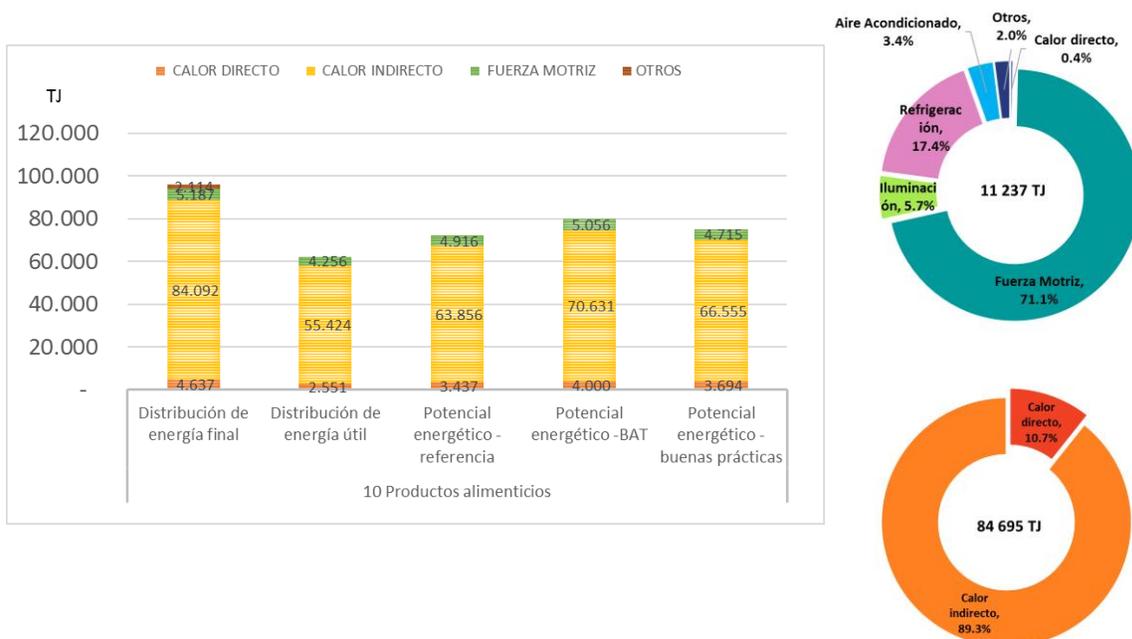
Las pérdidas cuantificadas para el potencial de eficiencia de referencia (eficiencias en el mercado Colombiano) aumentan a 0.81 billones de US\$. Con respecto al potencial de eficiencia BAT para la industria, la cuantificación de las pérdidas del sector corresponde a 1.4 billones de US\$.

Figura 3 Cuantificación de las pérdidas para el sector industrial en Colombia – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, 2019.

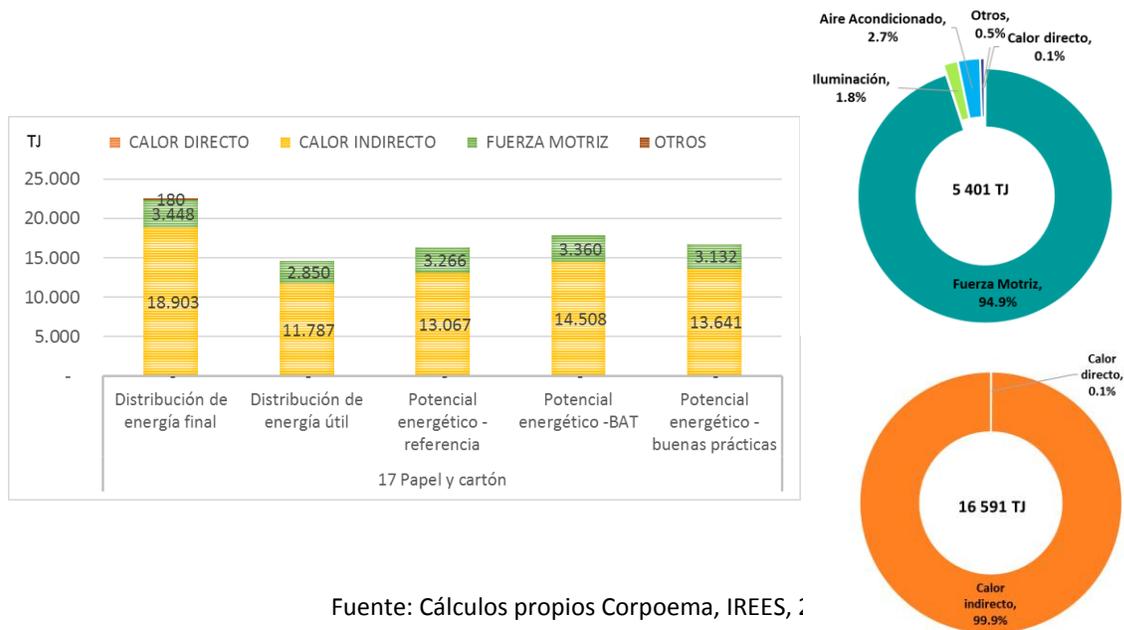
Figura 4 Energía útil para el sector industrial 10 productos alimenticios y potenciales – resultados finales



Considerando la gran heterogeneidad de empresas que pertenecen al sector Industria, así como las gran variedad de procesos de producción y utilización de máquinas específicas, se presenta a continuación el análisis por usos para los subsectores: Producción de alimentos, producción de papel y cartón, coquización y refinerías, producción de minerales no metálicos (ej. fabricación de vidrio) y producción de productos metalúrgicos básicos (ej. hierro y acero, fundición de metales).

Los usos de energía más significativos para el sector industrial de producción de alimentos son el calor indirecto, la fuerza motriz y la refrigeración. La energía final del sector en el 2015 es 96.031 TJ y en base a la herramienta BEU para la UPME, la energía útil actual para el sector es 62.230 TJ. Los potenciales para este sector incrementan la energía útil entre un 16% a un 24% (BAT).

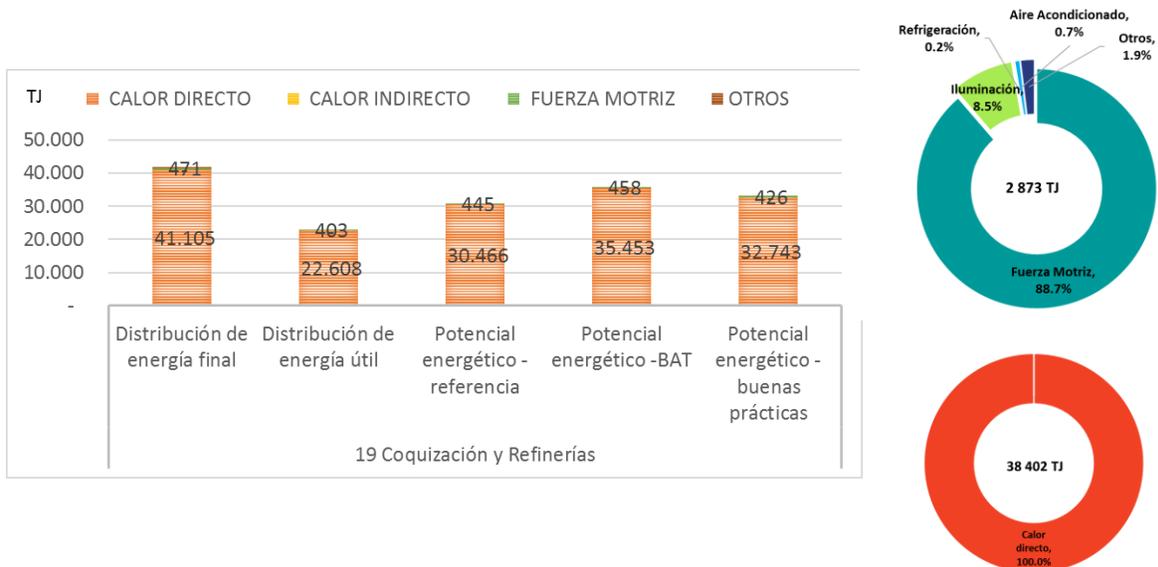
Figura 5 Energía útil para el sector industrial 17 producción de papel y cartón y potenciales – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, ;

Los usos de energía más significativos para el sector industrial de producción de papel y cartón son el calor indirecto y la fuerza motriz. La energía final del sector en el 2015 es 22.532 TJ y en base a la herramienta BEU para la UPME, la energía útil actual para el sector es 14.637 TJ. Los potenciales para este sector incrementan la energía útil entre un 12% a un 22% (BAT) especialmente para motores y para calderas y producción de vapor.

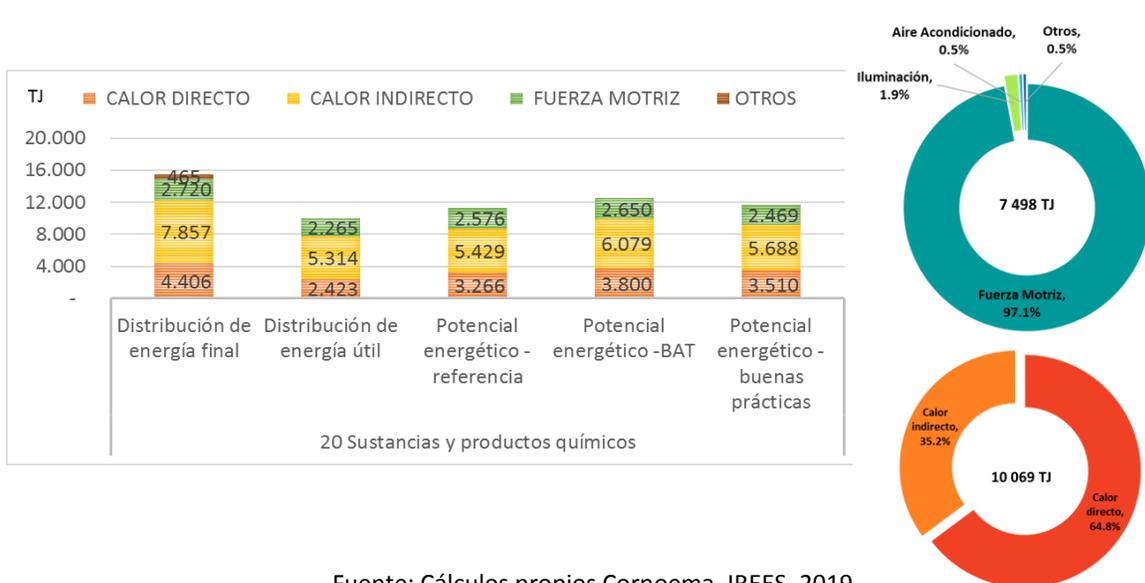
Figura 6 Energía útil para el sector industrial 19 coquización y refinarias y potenciales – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, 2019.

Los usos de energía más significativos para el sector coquización y refinarias son el calor directo, la fuerza motriz y la iluminación. La energía final del sector en el 2015 es 41.677 TJ y en base a la herramienta BEU para la UPME, la energía útil actual para el sector es 23.011 TJ. Los potenciales para este sector incrementan la energía útil entre un 34% a un 54% (BAT).

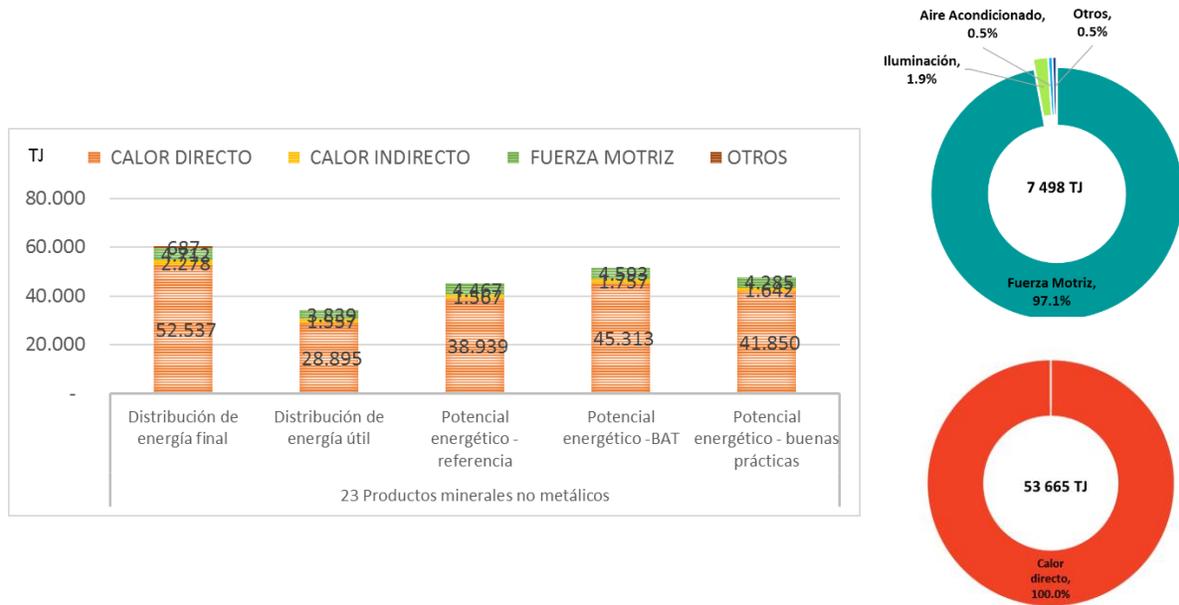
Figura 7 Energía útil para el sector industrial 20 sustancias químicas y potenciales – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, 2019

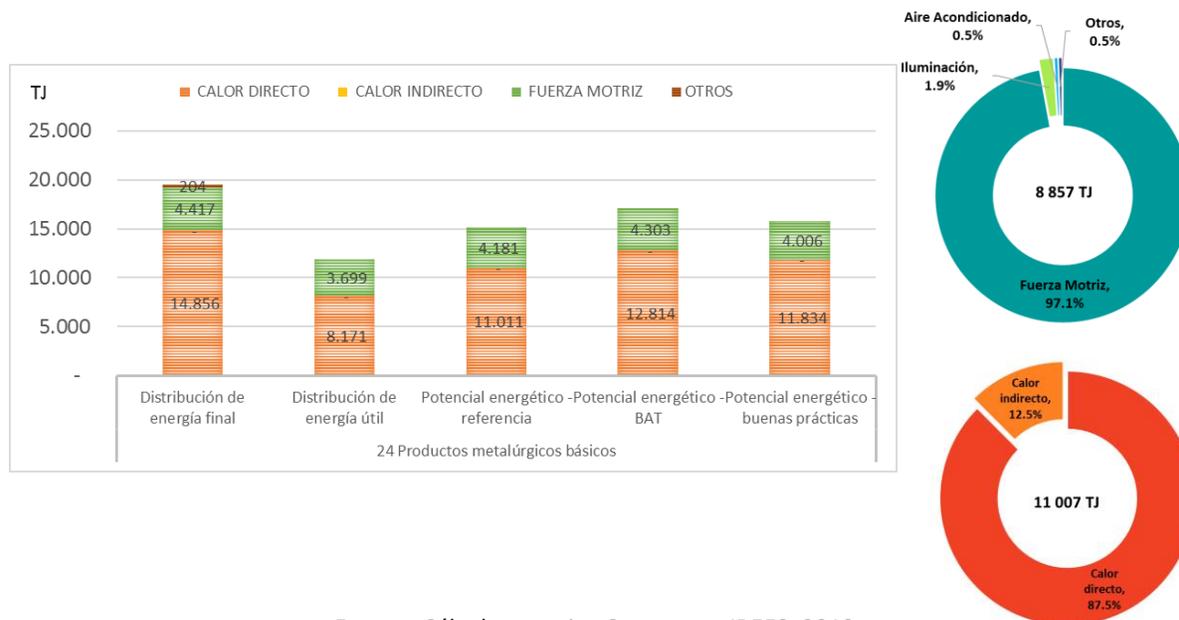
En la producción de minerales no metálicos (ej. fabricación de vidrio) los usos de energía más significativos corresponden al calor directo y a la fuerza motriz. La energía final del sector en el 2015 es 60.214 TJ y en base a la herramienta BEU para la UPME, la energía útil actual para el sector es 34.291 TJ. Los potenciales para este sector incrementan la energía útil entre un 31% a un 51% (BAT).

Figura 8 Energía útil para el sector industrial 23 Productos Minerales no metálicos – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, 2019

Figura 9 Energía útil para el sector industrial 24 Productos Metalúrgicos básicos – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, 2019

En la producción de productos metalúrgicos básicos (ej. hierro y acero, fundición de metales) Los usos de energía más significativos corresponden en gran parte al calor directo e indirecto así como la fuerza motriz. La energía final del sector en el 2015 es 19.478 TJ y en base a la herramienta BEU para la UPME, la energía útil actual para el sector es 11.870 TJ. Los potenciales para este sector incrementan la energía útil entre un 28% a un 44% (BAT).

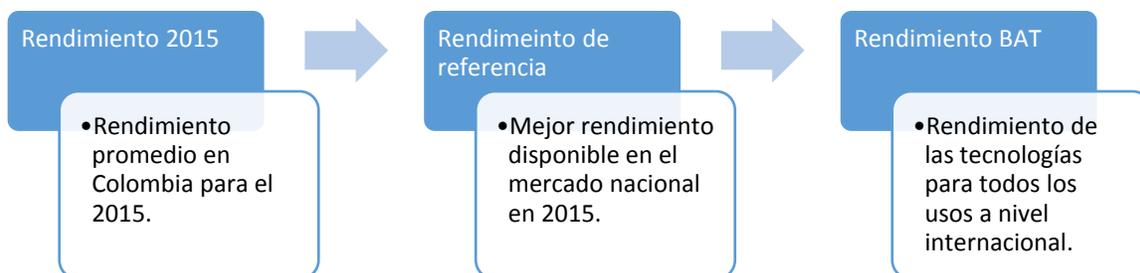
2. Análisis factores de eficiencia sector industria (BEU)

En la construcción del primer Balance de Energía Útil para Colombia, se partió del balance de energía final (BECO) 2015. Una de las principales variables consideradas para el cálculo es la eficiencia por uso energético en los diferentes sectores de la economía. En el sector industrial se considera relevante los usos correspondientes a calor indirecto (producción de vapor), calor directo (hornos) así como la fuerza motriz (motores, bombas, refrigeración, aire acondicionado). La herramienta para el sector industrial permite un análisis detallado y el cálculo de la energía útil para todos los sectores industriales (CIU 10 a 31), detallando eficiencias para cada uso de la energía en el sector.

La estimación de las eficiencias para cada sector CIU industrial (CIU: Clasificación Industrial Internacional Uniforme) se desagrega por tipo de energético y por tecnologías que cubren los usos energéticos mencionados anteriormente y contienen principalmente información con respecto a calderas, motores, refrigeración. Para Calor Directo existe menos información pero se hace para ese uso respectivo una estimación de la eficiencia en relación al combustible usado. Estas estimaciones se basa en datos, encuestas y medidas que existen para los distintos usos en Colombia directamente.

De forma paralela a la identificación de las mejores eficiencias actuales para cada sector industrial disponible para el 2015, se identificaron eficiencias de referencia igualmente para los energéticos relevantes y los usos que esten disponibles en el mercado nacional. Con estos valores la herramienta BEU para el sector industrial estimar tanto el potencial de eficiencia de referencia así como las pérdidas por ineficiencia comparando la eficiencia actual con respecto a las tecnologías disponibles en el mercado. Así mismo la herramienta calcula los potenciales de eficiencia y las pérdidas de eficiencia en relación a las mejores tecnologías a nivel internacional, para cada uno de los usos y para poder estimar las pérdidas con respecto a estos estándares más altos.

Figura 10 Rendimientos considerados para el cálculo de eficiencias en el sector industrial



2.1. Eficiencias actuales (2015)

Las eficiencias actuales presentadas en la herramienta de industria, se refiere al promedio de rendimiento de la industria para cada CIU y para cada uso de energía útil incluyendo principalmente fuerza motriz, calor directo, calor indirecto. La refrigeración y la calefacción están incluidas en la fuerza motriz.

2.1.1. Fuerza Motriz

El rendimiento promedio de la fuerza motriz en la industria Colombiana se aproxima a 82% en base a las caracterizaciones industriales en Colombia de Corpoema e Incombustion y a distintas auditorías energéticas en distintas empresas de los subsectores. Las eficiencias de referencia y de BAT se orientan a los promedios de mejores tecnologías que están en un futuro disponibles en Colombia y a nivel internacional.

Tabla 1 Rendimiento promedio de la fuerza motriz en la industria Colombiana

Subsector	Eficiencia actual [%]	Eficiencia referencia [%]	Eficiencia BAT [%]
10 Productos alimenticios	82%	94%	97%
11 Elaboración de bebidas	74%	94%	97%
13 Productos textiles	82%	94%	97%
14 Prendas de vestir	81%	94%	97%
15 Marroquinerías	82%	94%	97%
16 Maderas	83%	94%	97%
17 Papel y cartón	83%	94%	97%
18 Impresión	82%	94%	97%
19 Coquización y Refinerías	86%	94%	97%
20 Sustancias y productos químicos	83%	94%	97%
21 Productos farmacéuticos	82%	94%	97%
22 Productos de caucho y de plástico	86%	94%	97%
23 Productos minerales no metálicos	81%	94%	97%
24 Productos metalúrgicos básicos	84%	94%	97%
25 Productos elaborados de metal (No maquinaria y equipo)	83%	94%	97%
26 Productos informáticos, electrónicos y ópticos	80%	94%	97%
27 Aparatos y equipo eléctrico	82%	94%	97%
28 Maquinaria y equipo n.c.p.	86%	94%	97%
29 Vehículos automotores, remolques y semirremolques	83%	94%	97%
30 Otros tipos de equipo de transporte	81%	94%	97%
31 Muebles, colchones y somieres	82%	94%	97%
32 Otras industrias manufactureras			

Fuentes: Corpoema, 2014, Incombustion, 2014, Unido, 2016, Fraunhofer ISI, IREES 2016

2.1.1. Calor Indirecto

El rendimiento promedio del calor indirecto en todos los subsectores de la industria Colombiana se aproxima a 76% en base a las caracterizaciones industriales en Colombia de Corpoema e Incombustion y a datos de carbon trust así como experiencia en auditorias de empresas. Las eficiencias de referencia y BAT indican promedios de mejores tecnologías nacional y en el exterior.

Tabla 2 Rendimiento promedio de calor indirecto en la industria Colombiana

Sub-Sector	Energético	. Eficiencia actual [%]	. Eficiencia referencia [%]	. Eficiencia BAT [%]
10 Productos alimenticios				
	ACPM	86%	77%	85%
	BAGAZO	65%	77%	85%
	CARBÓN MINERAL	78%	77%	85%
	DIESEL OIL	80%	77%	85%
	FUEL OIL	85%	77%	85%
	GAS LICUADO DE PETRÓLEO	67%	77%	85%
	GAS NATURAL	81%	77%	85%
	RECUPERACIÓN / RESIDUOS	68%	77%	85%
11 Elaboración de bebidas				
	GAS NATURAL	83%	77%	85%
	RECUPERACIÓN / RESIDUOS	83%	77%	85%
13 Productos textiles				
	CARBÓN MINERAL	79%	77%	85%
	FUEL OIL	78%	77%	85%
	GAS NATURAL	78%	77%	85%
14 Prendas de vestir				
	CARBÓN MINERAL	60%	77%	85%
	GAS NATURAL	84%	77%	85%
15 Marroquinerías				
	CARBÓN MINERAL	70%	77%	85%
	GAS NATURAL	83%	77%	85%
16 Maderas				
		75%	77%	85%
17 Papel y cartón				
	CARBÓN MINERAL	67%	77%	85%
	DIESEL OIL	80%	77%	85%
	GAS NATURAL	80%	77%	85%
	RECUPERACIÓN / RESIDUOS	61%	77%	85%
18 Impresión				
	GAS NATURAL	78%	77%	85%
20 Sustancias y productos químicos				
	ACPM	77%	77%	85%
	BAGAZO	76%	77%	85%
	CARBÓN MINERAL	77%	77%	85%
	GAS LICUADO DE PETRÓLEO	79%	77%	85%
	GAS NATURAL	73%	77%	85%
	RECUPERACIÓN / RESIDUOS	77%	77%	85%
22 Productos de caucho y de plástico				
	CARBÓN MINERAL	74%	77%	85%
	FUEL OIL	77%	77%	85%
	GAS NATURAL	75%	77%	85%
	RECUPERACIÓN / RESIDUOS	77%	77%	85%
23 Productos minerales no metálicos				
	BAGAZO	76%	77%	85%
	CARBÓN MINERAL	76%	77%	85%
	COQUE	77%	77%	85%
	DIESEL OIL	78%	77%	85%
	FUEL OIL	79%	77%	85%

	GAS LICUADO DE PETRÓLEO	73%	77%	85%
	GAS NATURAL	77%	77%	85%
	LEÑA	79%	77%	85%
	RECUPERACIÓN / RESIDUOS	78%	77%	85%
24 Productos metalúrgicos básicos				
	CARBÓN MINERAL	77%	77%	85%
	DIESEL OIL	73%	77%	85%
	FUEL OIL	79%	77%	85%
	GAS NATURAL	78%	77%	85%

Fuentes: Corpoema, 2014, Incombustion, 2014, Fraunhofer ISI, IREES 2016

Las industrias química, papelera, alimentaria, refinería y metalúrgica tienen una participación relativamente alta en la capacidad de las calderas de vapor. En estos sectores se concentran más del 85% de las calderas en Colombia (Incombustion, 2016). Las aplicaciones específicas del vapor en la industria de la pulpa y el papel incluyen, por ejemplo, los procesos de secado en las máquinas de papel. En la industria alimentaria, como otro sector con una cuota comparativamente alta de uso de vapor, el vapor se utiliza para cocinar, escaldar, esterilizar, secar y para otros fines.

Los sistemas de vapor abarcan la generación, distribución, utilización y recuperación de vapor, que pueden describirse de la siguiente manera (basado en Gentili et al. 2014):

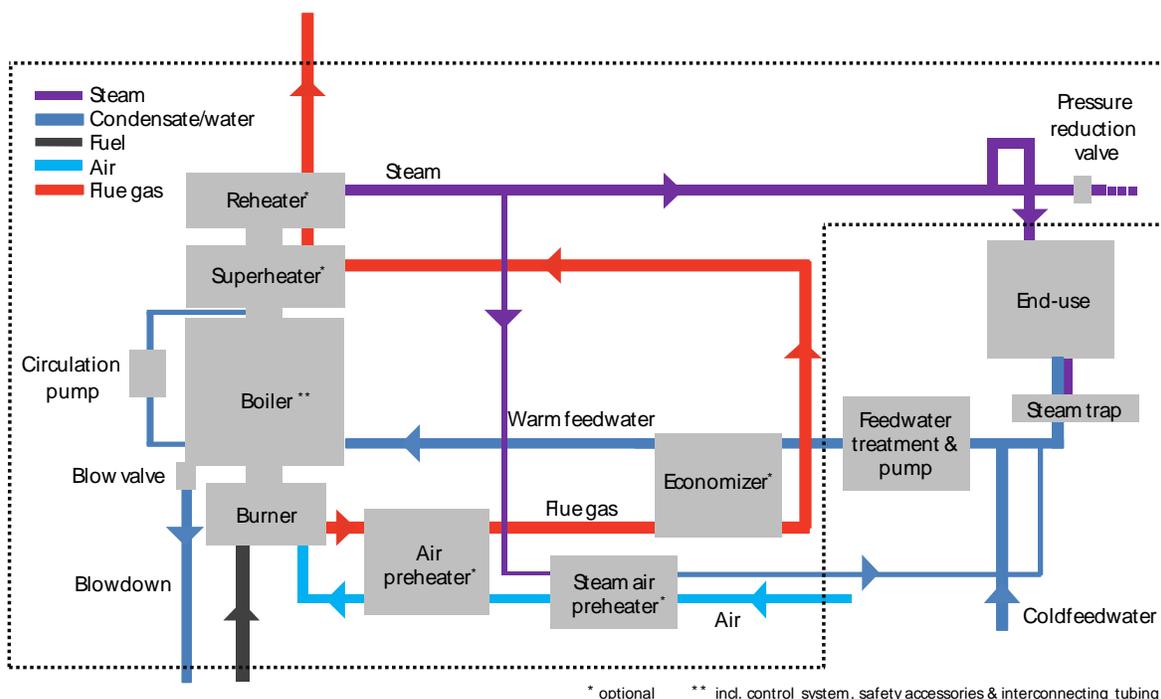
- Generación: El vapor se genera calentando agua utilizando el calor de los procesos de combustión o de un sistema de recuperación de calor. Esta transferencia de calor tiene lugar en una caldera de vapor. Debido a la energía suministrada, el agua empieza a hervir y cambia su fase de líquido a gaseoso. El contenido de energía del vapor generado, es decir, el vapor, puede aumentarse aumentando aún más su temperatura.

- Distribución: El sistema de distribución es un canal de transferencia de vapor que conecta la parte de generación, es decir, la caldera de vapor, con el equipo de uso final. El equipo de uso final se conecta al sistema de distribución a través de líneas de distribución. Estas líneas funcionan a diferentes presiones. Los equipos comunes utilizados en el sistema de distribución son las tuberías de aislamiento, las válvulas y, en algunos casos, las turbinas de contrapresión que permiten reducir simultáneamente la presión en la línea y, por lo tanto, ganar energía mecánica.

- Uso final: Como se ha mostrado anteriormente, existe una amplia gama de usos para el vapor. Los usos finales incluyen torres de fraccionamiento, decapantes, intercambiadores de calor o recipientes de reacción química. El vapor también puede utilizarse para transportar sustancias químicas, por ejemplo, en la industria química.

- Recuperación: Si es posible, el vapor se devuelve a la caldera como condensado después de su utilización. Para ello, el condensado se recoge en un depósito y se bombea desde allí a un desaireador, donde se extrae el oxígeno y los gases no condensables. Finalmente, una bomba de alimentación de la caldera aumenta la presión del agua de alimentación para reinyectar el condensado en la caldera. Debido a las pérdidas, se suele añadir agua de reposición y aditivos en el depósito de recogida o en el purgador de aire. La ilustración muestra que tanto la parte de generación como la de distribución del sistema de vapor es distinto y pueden contener diferentes eficiencias así como para los usos finales y la recuperación de los sistemas de vapor, ya que son tecnológicamente aún más heterogéneos que la generación y distribución de vapor.

Figura 23: Ilustración de los límites del sistema utilizados en este estudio para los sistemas de vapor



Fuente: basado en Gentili et al. 2014

2.1.1. Calor Directo

El rendimiento promedio del calor directo en la industria Colombiana se aproxima a 55% en base a las caracterizaciones industriales en Colombia de Corpoema e Incombustion así como con conversaciones con expertos en calor directo. Sin embargo para este uso existen muy pocos datos en Colombia a nivel industrial. Las eficiencias de referencia y BAT indican promedios de mejores tecnologías nacional y en el exterior.

Tabla 3 Rendimiento promedio de Calor Directo en la industria Colombiana

Energético	. Eficiencia actual [%]	. Eficiencia referencia [%]	. Eficiencia BAT [%]
AUTO & COGENERACIÓN	55%	68%	80%
CARBÓN LEÑA	55%	68%	80%
CARBÓN MINERAL	55%	68%	80%
COQUE	55%	68%	80%
DIESEL OIL	55%	68%	80%
ENERGÍA ELECTRICA SIN	55%	68%	80%
FUEL OIL	55%	68%	80%
GAS LICUADO DE PETRÓLEO	55%	68%	80%
GAS NATURAL	55%	68%	80%

GASOLINA MOTOR	55%	68%	80%
KEROSENE Y JET FUEL	55%	68%	80%
LEÑA	55%	68%	80%
OTROS RENOVABLES	55%	68%	80%
PETROLEO	55%	68%	80%
RECUPERACIÓN / RESIDUOS	55%	68%	80%

Fuentes: Corpoema, 2014, Incombustion, 2014, Fraunhofer ISI, IREES 2016

2.2. Recomendaciones finales inventario tecnológico y obtención de datos adicionales

1. Transferencia y actualización de importaciones de motores en el país y crear un modelo de tenencias (stock) para los motores en la industria Colombiana acompañados con actualizaciones a las caracterizaciones realizadas.

2. Realización de un programa dedicado exclusivamente a Calor Directo y con el fin de hacer un levantamiento del estado actual de muchos de los hornos y acompañado de medidas en el marco de auditorías o mediciones prolongadas e identificar medidas de reducción de consumo de energía.

3. Realizar un piloto de 100 a 200 empresas junto con el DANE para obtener datos a través de la Encuesta Anual Manufacturera con respecto a una extensión del módulo de energía y profundizar en los usos de la energía consumida y la energía útil obtenida así como inventarios de diversas tecnologías. Sugerimos hacer el piloto con empresas de los 6 sectores que más consumen energía.

4. El piloto debe ser también evaluado para obtener posibles cambios en el stock de varias tecnologías anualmente y también

5. Con respecto a calor directo los autores han desarrollado un primer acercamiento para construir indicadores en algunos sectores industriales los cuales permiten crear indicadores y comparaciones con otros países. Este ejercicio debe ser actualizado para futuros indicadores.

6. La creciente digitalización y automatización de los procesos industriales en Colombia y el mundo ofrece una oportunidad para el monitoreo del consumo de la energía en intervalos de tiempos más cortos. Para el BEU de Industria y para la UPME es una oportunidad para explorar en proyectos de demostración en sectores industriales y pueden resultar mecanismos innovadores para la obtención de datos reales más precisos reduciendo la incertidumbre de los promedios de eficiencia y permitiendo incorporar otros efectos como cambios en la producción así como capacidad de la misma

7. No todo el incremento en la eficiencia se debe a un cambio tecnológico, las prácticas en mantenimiento y reparación de muchos equipos industriales juegan un papel en aumentar la

eficiencia y reducir consumos de una manera más costo-efectiva. Sugerimos realizar proyectos de demostración de buenas prácticas empresariales observando no solo los efectos en la reducción de los consumos sino en el incremento de la competitividad de la industria

8. Los cambios tecnológicos en la industria indican potenciales pero también barreras para cerrar la brecha de eficiencia energética. La consideración de beneficios energéticos y no-energéticos para las industrias es crucial para que la difusión de tecnologías más eficientes se lleven a cabo en realidad. Estos beneficios no-energéticos son muy difíciles de cuantificar y plasmarlos en las evaluaciones financieras de proyectos y por ende sugerimos un proyecto piloto de entrenamientos para ingenieros auditores y gerentes de gestión de la energía para que extiendan las prácticas actuales de auditorías e ISO 50001. El proyecto piloto debe resaltar la cuantificación de beneficios no energéticos de medidas de eficiencia energética para las empresas del sector industrial y comercial y su impacto en mejorar la competitividad y el valor agregado de las mismas.

9. El balance de energía útil de la industria permite hacer un seguimiento del incremento y los potenciales de eficiencia energética y la cuantificación de las pérdidas relacionadas. Para futuras actualizaciones es importante obtener junto al DANE el desarrollo económico de la industria (Establecimientos, empleados) e identificar y desagregar los efectos relacionados a cambio en la industria y cambios tecnológicos. Ambos son importantes ya que tienen incidencia directa en el consumo de energía.

10. Junto con la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia) sugerimos realizar encuestas en sectores de gran consumo con el fin de obtener informaciones más específicas con respecto al parque actual tecnológico y a consideraciones de inversión para incrementar la eficiencia y competitividad.

11. El BEU de Industria junto con los datos de entrada permite ser usado para calibrar y apoyar modelos con más detalle el consumo de energía útil por tecnología y uso energético. Recomendamos la creación de un modelo ascendente de industria de simulación multi-variable.

1. Transferencia y actualización de importaciones de motores en el país y crear un inventario para los motores en la industria Colombiana
2. Realización de un programa dedicado exclusivamente al uso de Calor Directo
3. Levantamiento del estado actual de muchos de los hornos y acompañado de medidas en el marco de auditorías o mediciones prolongadas
4. Extensión del módulo de la EAM (DANE) y realizar un piloto de 100 a 200 empresas y profundizar en los usos de la energía consumida y la energía útil obtenida así como inventarios de diversas tecnologías. Sugerencia piloto con empresas de los 6 sectores más intensivos
5. Construir indicadores en algunos sectores industriales los cuales permiten crear comparaciones con otros países.

6. Monitoreo y captura de datos en la industria en sinergia con la creciente digitalización y automatización de los procesos industriales en Colombia: Pilotos y demostraciones innovadoras
7. Base para la creación de un modelo ascendente detallado para la Industria e interactuar con modelos de demanda para escenarios de la UPME

3. Incertidumbres en los datos de entrada para el sector industria

Con respecto a las incertidumbres observadas en el sector industrial (ver tabla 4 abajo) se observan incertidumbres bajas tanto para fuerza motriz y calor indirecto. Las incertidumbres con respecto a las cantidades totales (consistencia) de calderas, motores, refrigeradores, aire acondicionado son medias a altas y varían entre sectores. Las mejores fuentes de información en el país fueron usadas para alimentar el BEU y fueron discutidas en un taller en Noviembre de 2018 con varios actores del sector. La base empírica para la obtención de datos también es buena y la incertidumbre por ende es baja así como su consistencia y robustez.

Se observan incertidumbres medias a altas con respecto a los datos encontrados para la caracterización de hornos en relación al cubrimiento, base empírica, consistencia y robustez. Esta incertidumbre se observa de menor modo en la eficiencia pero las recomendaciones anteriores indican posibles medidas para incrementar las bases de datos de este uso de energía en la industria.

Tabla 4 Incertidumbres observadas para el sector transporte BEU 2015

Uso	Entradas	Cubrimiento	Base Empírica	Consistencia	Robusto
Fuerza Motriz	Pot. Instalada				
	Cantidad				
	Eficiencias				
Calor Indirecto	Caracteriz.				
	Capacidad				
	Factor Util.				
Calor Directo	Producc.				
	Indicador				
	Eficiencia				
Código		Baja	Media	Alta	

Fuente: elaboración Corpema e IREES 2019 propia con base en RUNT.

4. Referencias bibliográficas

Aydemir, A. et al. (2014a): Energy Saving Potentials for Industrial Steam Boilers - Findings from the Ecodesign Process. Proceedings of the 10th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB-10). Porto (Portugal), 7th-10th of April 2015.

Aydemir, A.; Rohde, C. (2015b): Steam Boilers and the European Ecodesign process. Proceedings of the 2015 ACEEE industrial Summer Study on Energy Efficiency in Industry, pp. 2-1 to 2-13.

Burba, M. (2013): Improved energy efficiency of air cooled chillers. REHVA Journal

Einstein, D.; Worrell, E.; Khrushch, M. (2001): Steam systems in industry: Energy use and energy efficiency improvement potentials. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Garcia N. P., Vatopoulos, K., Riekkola, A.K., Lopez, A.P. & Olsen, L. (2012): Best available technologies for the heat and cooling market in the European Union, JRC Scientific and Policy Reports, EU Commission, Setis – Information For Decision-making.

Fleiter, T. et al. (2013): Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotentiale, Hemmnisse und Instrumente. Stuttgart.

Gentili, P. et al. (2014): Ecodesign Preparatory Study on Steam Boilers (ENTR Lot 7). Online: <http://www.eco-steamboilers.eu/eco-steamboilers-wAssets/docs/20141217-Steam-Boilers-Eco-Design Documents for various technologies>

European Commission (2007): Lot 12 Commercial refrigerators and freezers Final Report. Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs [TREN/D1/40-2005/LOT12/S07.56644], Brussels, 2007.

European Commission (2008): Energy Sources, Production Costs and Performance of Technologies for Power Generation, Heating and Transport,. European Commission, 2008.

European Commission (2009): IPPC Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency.

European Commission (2010): Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. Integrated Pollution Prevention and Control. Sevilla, 2010.

European Commission (2011): ENTR-Lot 1 Refrigerating and Freezing equipment. Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs [Contract N° S12.515749], Brussels, 2011.

IEA 2018: Energy Efficiency

IEA (2011): Technology Roadmap 2050 – Energy-efficient Buildings: Heat and Cooling equipment.

IEA (2007): Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions, IEA/OECD, Paris, 2007.

IEA (2008): Combined heat and power – Evaluating the benefits of greater global investment. International Energy Agency: Paris.

IEA (2009): Energy technology transitions for industry – Strategies for the next industrial revolution, Paris, 2009.

Industrial Efficiency Technology Database: “Electric Arc Furnance”..

IPPC (2013): Best available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass.

IPPC (Bureau 2006): Best Available Techniques for Large Combustion Plants. Reference Document, European Commission, 2006.

IPPC. (Bureau, 2009): Reference Document on the Best Available Techniques for Energy Efficiency. Seville: European Commission - IPPC Bureau, 2009.

Kramer, K. J. et al. (2009): Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Pulp and Paper Industry. An Energy Star(R) Guide for Energy and Plant Managers. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Environmental Energy Technologies Division. LBNL-2268E.

Rohde, C.; Ostrander, B.; Hirzel, S.; Aydemir, A. et al. (2014): An insight in the ecodesign process – the example of steam boilers. Proceedings of the 2014 eceee industrial summary study, 2-5th of June, Arnhem, Netherland, pp. 449-460.

UBA (2015): Sustainable cooling supply for building air conditioning and industry in Germany. Dessau-Roßlau, April 2015.

US DOE (ed.) (2012): Improving Steam System Performance: A Sourcebook for Industry. Second edition. United States Department of Energy.