

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

Resumen Ejecutivo BEU Sector Residencial y Terciario

Bogotá y Karlsruhe, Abril de 2019

1 Contenido

1.	Resultados finales de energía útil del sector Residencial y Terciario en Colombia	4
1.1.	Sector Residencial	4
1.2.	Sector Terciario	9
2.	Análisis factores de eficiencia sector Residencial y Terciario (BEU)	14
2.1.	Sector Residencial	14
2.1.1.	Calentamiento de agua:	14
2.1.2.	Calor Directo:.....	15
2.1.3.	Fuerza motriz.....	16
2.1.4.	Iluminación.....	17
2.1.5.	Refrigeración y aire acondicionado:.....	18
2.1.6.	Televisión.....	20
2.1.7.	Computadores.....	20
2.2.	Sector Terciario	21
2.2.1.	Refrigeración	21
2.2.2.	Aire acondicionado.....	22
2.2.3.	Fuerza motriz:.....	23
2.2.4.	Iluminación:.....	25
3.	Inventario tecnológico para el sector Residencial y Terciario.....	26
3.1.	Sector Residencial	26
3.1.1.	Iluminación.....	28
3.1.2.	Refrigeración	28
3.1.3.	Fuerza Motriz	29
3.1.4.	Cocción	30
3.1.5.	Calentamiento de Agua.....	30
3.1.6.	Equipos Electrónicos	30
3.1.7.	Televisión.....	31
3.2.	Sector Terciario	31
3.2.1.	Iluminación.....	32
3.2.2.	Refrigeración	32
3.2.3.	Fuerza Motriz	33

3.2.4.	Calor Directo.....	33
3.2.5.	Equipos Electrónicos	34
3.2.6.	Calor Indirecto.....	34
4.	Incertidumbres en los datos de entrada para el sector Residencial y Terciario	35
5.	Recomendaciones para actualizaciones futuras del BEU.....	37
5.1.	Recomendaciones para el sector Residencial	37
5.2.	Recomendaciones para el sector Terciario	38
6.	Referencias bibliográficas	39

1. Resultados finales de energía útil del sector Residencial y Terciario en Colombia

La energía útil se calcula considerando los usos para cada una de las formas de energía (energéticos del balance). Este modelo amplía de esta forma la utilidad del BECO (Balance de Energía final para Colombia) agregando información sobre lo que sucede después de entregada la energía final a los usuarios. De esta forma, el primer paso consiste en la identificación de los usos energéticos que caracterizan el sector, lo que nos permite calcular la energía útil de cada sector.

1.1. Sector Residencial

Para el año 2015 el consumo de energía final alcanzó los 259.503 Terajulios (Electricidad, Gas Natural, Leña y GLP) en el sector Residencial. Los siguientes usos energéticos son los más relevantes:

- **Calor directo:** Cocción (estufa), horno (incluido el microondas), secador de pelo, plancha, sandwichera, tostadora, etc
- **Calentamiento de Agua:** Calentamiento de agua o de cualquier otro líquido (calentador a gas o eléctrico y ducha eléctrica)
- **Refrigeración:** Nevera, congeladores y equipos de aire acondicionado
- **Fuerza motriz:** Lavadora de ropa, ventilador, ascensores, motores y bombas
- **Iluminación**
- **Equipos Electrónicos:** Televisor, computador (de escritorio o portátil), equipo de sonido, reproductor de música y reproductor de video
- **Televisión**
- **Otros:** Telecomunicaciones, máquinas de escritorio, celulares, entre otros

Para la identificación de los usos energéticos y la caracterización de consumo del sector Residencial, a partir del BECO 2015, se toman dos fuentes principales, en primer lugar, la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV), que para el año 2015, incluyó un módulo específico de consumo energético, que permite identificar porcentajes de tenencia y datos de frecuencia de uso de los equipos más comunes en los hogares colombianos. En segundo lugar, se tomó el estudio “*Caracterización energética del sector residencial urbano y rural en Colombia*” (Corpoema, 2012), ya que las mediciones realizadas en este trabajo pueden tomarse como referente de caracterización del comportamiento de consumo de los equipos para cada uso energético en el sector Residencial.

A partir de la información del BECO 2015 y los factores de eficiencias establecidos (Revisar capítulo 2) se calculó la energía útil, arrojando como resultado que de los 259.503Tj consumidos por el sector (Electricidad, Gas Natural, GLP, Leña), solo el 18% podrían considerarse energía útil.

A través de la Herramienta de cálculo para el sector Residencial se estimó la energía final que se obtendría si la eficiencia de los equipos existentes en un hogar promedio para 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 BAT nos permiten apreciar un descenso considerable en el consumo de energía final del sector

Residencial. 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}) (BAT: Best Available Technology) sea un cálculo teórico si nos permite determinar escenarios deseables.

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 .

$$U_i = Ef_i \eta_i,$$

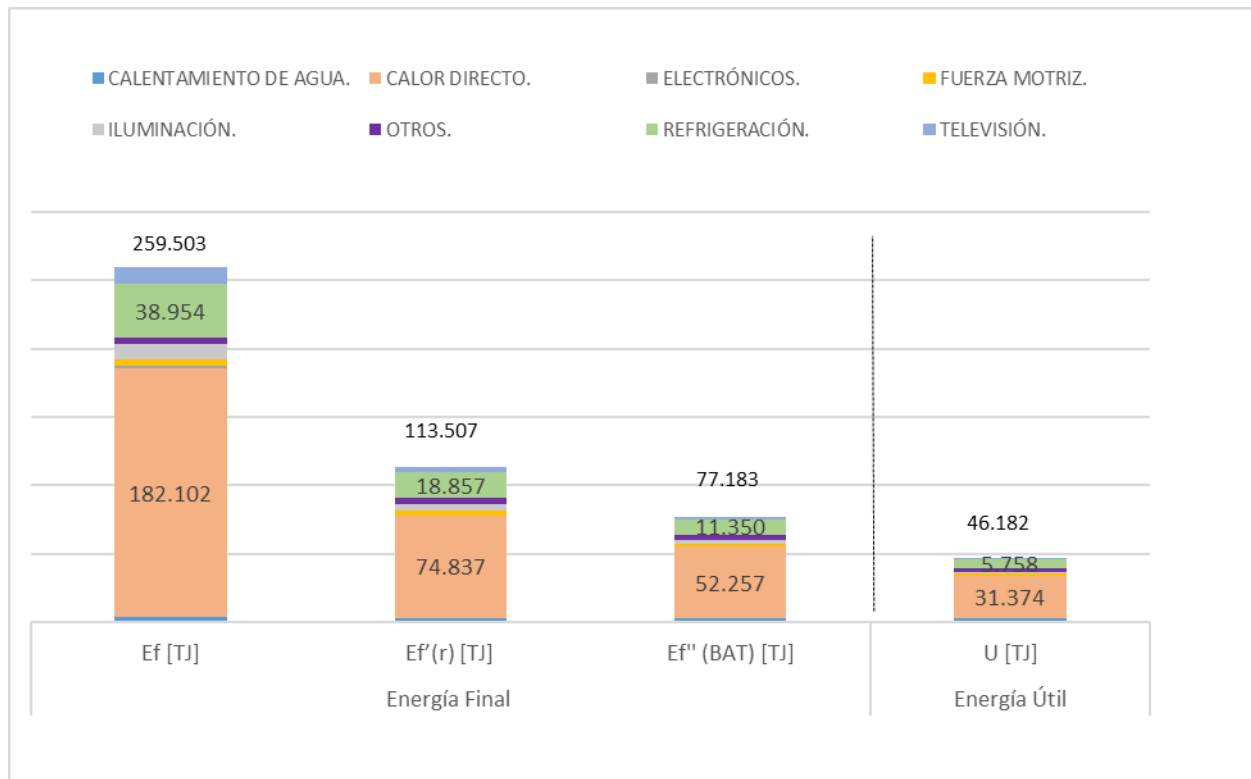
Cuando tengo una eficiencia mejor, tal como la eficiencia de referencia η_r que en este caso es la mejor eficiencia a nivel nacional, entonces la energía final será menor y se calcula como:

$$Ef'_{ri} = U_i / \eta_{ri} \text{ y la diferencia entre las dos energías finales es el potencial de ahorro } P_i = Ef_i (1 - \eta_i / \eta_{ri})$$

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

Paralelo al análisis del consumo de Energía final, en la Figura 1 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 por los hogares 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 deseables.

Figura 1 Energía Final y Energía Útil – Sector Residencial - TJ

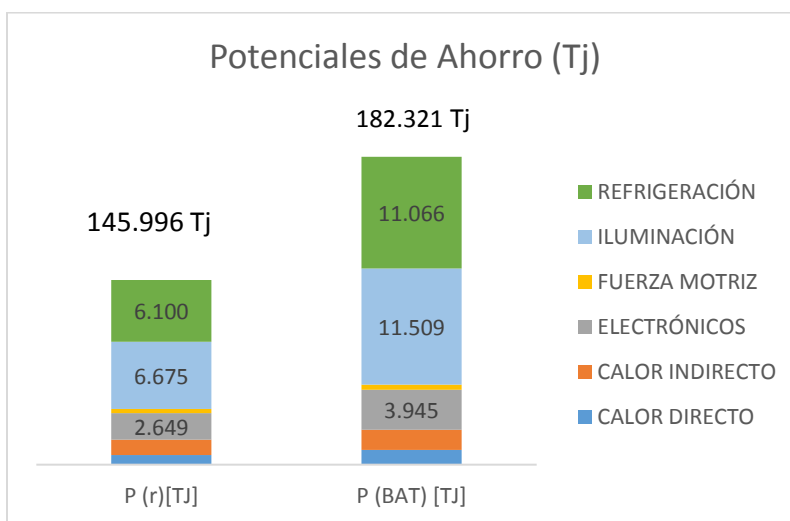


Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Como ya se ha mencionado anteriormente el cálculo del Balance de Energía Útil permite no solo caracterizar el consumo de energía final por sectores y su correspondiente desagregación por usos y equipos, sino que sienta las bases para realizar estimaciones de potenciales de ahorro, estos potenciales se interpretan como márgenes de reducción de consumo alcanzables si la tecnología existente en los hogares colombianos presentara rendimientos acorde a las eficiencias de referencia de los mejores equipos disponibles en el país y la alcanzable si la tecnología existente fuera tan eficiente como la mejor tecnología desarrollada hasta el momento.

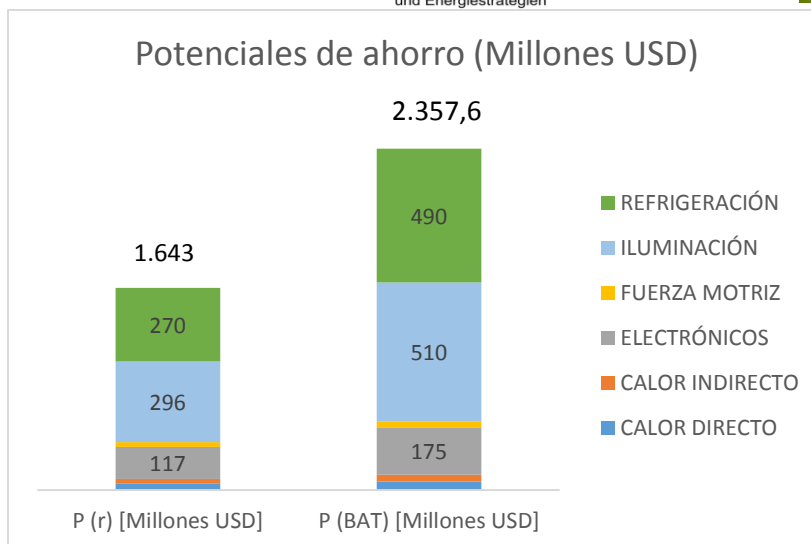
A continuación se presenta el potencial de ahorro en términos energéticos Figura 2 y en términos monetarios Figura 3. Se estima que el potencial de ahorro considerando la eficiencia de referencia (P (r)) llegaría a los 145.996 Tj equivalentes a 1.643 millones de dólares, este potencial de ahorro llegaría a 182.321 Tj y 2.357 millones de dólares considerando la eficiencia BAT (P(BAT)).

Figura 2. Potenciales de ahorro Tj



Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

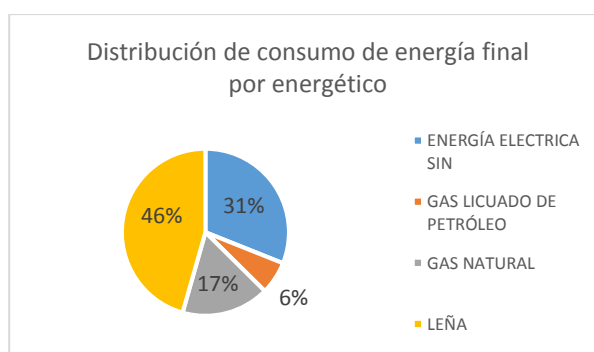
Figura 3 Potenciales de Ahorro USD



Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

El ejercicio de desagregación de la energía final arrojó que el uso en el que se consume mayor cantidad de energía es Calor Directo con el 70% de la distribución total de la energía final, además, este uso representa el 100% del consumo de GLP y Leña, el 99,6% del consumo de Gas Natural y el 4% de Electricidad. Este hecho es comprensible teniendo en cuenta que la cocción es una de las actividades más importantes de la cotidianidad de un hogar colombiano y que a pesar de que el energético con el que se puede identificar mayor cantidad de usos sea la electricidad, combustibles como GLP, Leña y Gas Natural representan el 69% del consumo de energía final del Sector Residencial, como se evidencia en la Figura 4.

Figura 4 Distribución de consumo de energía final por energético



Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

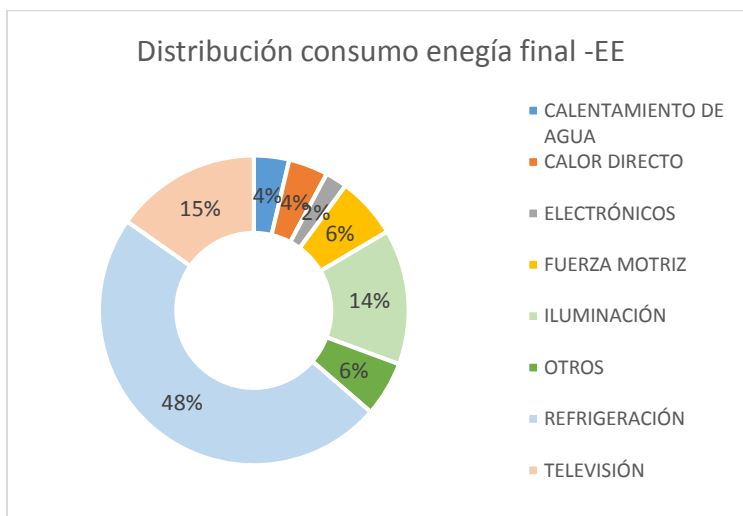
Con el fin de caracterizar los electrodomésticos utilizados en los hogares del país y determinar sus patrones de uso, se construyó una herramienta BEU (Balance de Energía Útil para Colombia) para el sector residencial, que incluye una ficha de caracterización y bases de datos para cada energético (Electricidad, Gas Natural, Leña y GLP) con las características de los electrodomésticos empleados en cada uso.

La ficha y base de datos se construyeron considerando los equipos más comunes en los hogares colombianos según la ENCV 2015, esta misma fuente es utilizada para estimar el porcentaje (%) de tenencia que es igual a la proporción de hogares que manifiestan tener y usar este equipo, esta fuente también se tomó como referente para identificar la frecuencia de uso del equipo y en los casos en los que la ENCV 2015 no brinda información, se tomaron los datos de las mediciones del estudio “Caracterización energética del sector Residencial, Urbano y Rural en Colombia” (Corpoema, 2012), de este mismo estudio se toman los datos de potencia de los equipos, estas potencias fueron ponderadas por el total de equipos presentados en la ENCV 2015 por tecnología, edad y características propias del aparato en cada uso. En este sentido, la ficha debería interpretarse como el consumo de un hogar promedio colombiano.

Como se mencionó anteriormente, la energía eléctrica representa el 31% de la energía final consumida por el sector y es considerado un energético primordial, ya que la mayor proporción de usos necesitan este combustible, por esta razón, presentamos a continuación la distribución por usos de este energético.

El consumo mensual de electricidad de un hogar promedio colombiano es de 157 kWh, que multiplicado por 13.314.305 de hogares que se estimaron para el año 2015, se obtiene un total de 2.085.522.453 kWh mes, este valor se acerca bastante al presentado en el BECO 2015 1.864.747.038 kWh mes, por esta razón se considera que la ficha es un buen aproximado para explicar el consumo promedio de una unidad residencial.

Figura 5 Balance de energía útil para el sector Residencial en Colombia – resultados finales



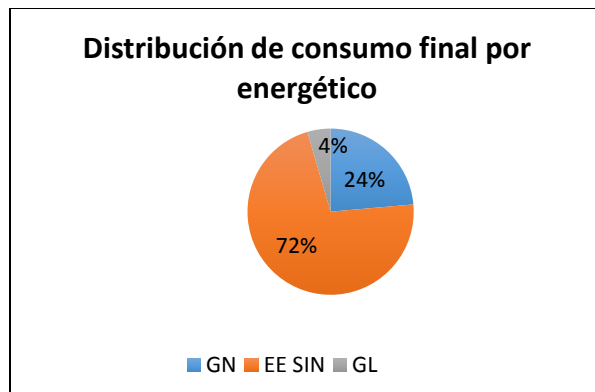
Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Los procesos de refrigeración, en equipos tales como, nevera y sistema de aire acondicionado consumen el 48% de la energía final, seguido del uso denominado televisión e iluminación con un 15% y 14% respectivamente.

1.2. Sector Terciario

El sector servicios está conformado por diversos subsectores; como la administración pública, los hospitales, hoteles y comercios. Según el balance nacional de energía final BECO 2015, el 72% del consumo de energía del sector servicios es consumo de energía eléctrica, el 24% gas natural y el 4% GLP.

Ilustración 1. Distribución del consumo total del Sector Terciario por energético



Fuente: UPME (2016) BECO 2015.

La principal fuente de información fue el balance de energía final de Colombia BECO 2015, sin embargo para tener datos sobre subsectores y usos de la energía se utilizó el estudio de caracterización *“Determinación del potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia”* (2013, Corpoema).

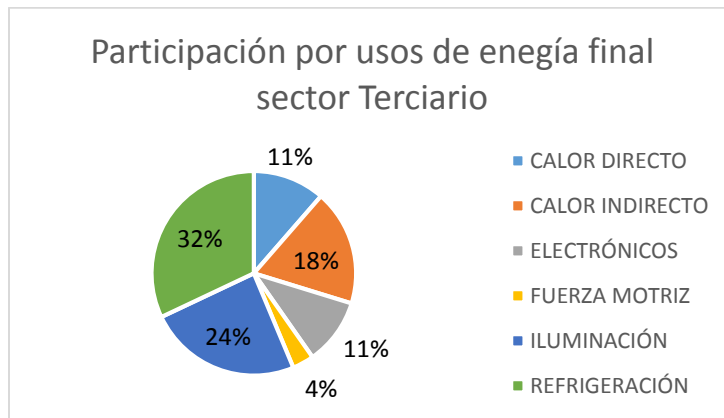
Los usos de la energía en este sector son similares a los del sector residencial, pues se trata de edificaciones con propósitos comerciales y de servicios. Los usos propuestos para el análisis y el cálculo del Balance de Energía Útil son:

- **Calor directo:** Cocción (estufa), horno (incluido el microondas), secador de pelo, plancha, tostadora, etc.
- **Calor Indirecto**
- **Refrigeración:** cuartos fríos, nevera, congeladores, vitrinas, chillers y equipos de aire acondicionado.
- **Fuerza motriz:** Lavadora de ropa, ventilador, ascensores, motores y bombas.
- **Iluminación.**
- **Equipos electrónicos:** Televisor, computador (de escritorio o portátil), equipo de sonido, reproductor de música y reproductor de video.
- **Otros:** Telecomunicaciones, máquinas de escritorio, celulares, entre otros.

Al igual que en el sector Residencial, se construyó una ficha que explica el consumo de un local promedio del sector, en esta ficha se consideraron los equipos más usados y se consideraron los patrones de uso encontrados en el estudio *“Determinación del potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia”* (2013, Corpoema).

Gracias a la ficha es posible especificar el consumo de un local promedio del sector, y por consiguiente queda clara la distribución del consumo final de energía por usos, como se presenta a continuación:

Figura 6 Distribución de consumo de energía final por usos- sector Terciario



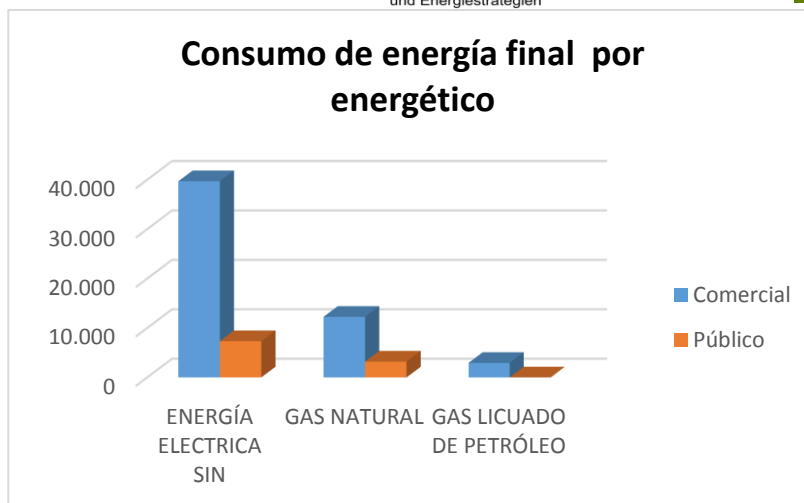
Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

El sector Terciario cuenta con gran variedad de equipos, tanto en tamaño como en consumo, ya que las necesidades de cada tipo de local comercial requieren de particularidades en sus equipos de producción. A partir de la caracterización del sector, se concluyó que el 32% de la energía consumida corresponde al uso de refrigeración, uso que agrega equipos tales como, refrigeradores, neveras y sistemas de aire acondicionado; el segundo uso de mayor consumo es iluminación con un 24%, seguido de calor indirecto con un 18% y 11% en calor directo.

Como punto de partida metodológico, el cálculo del Balance de Energía útil para el sector Terciario buscó separar en el análisis el sector Público del sector Comercial, esto con el objetivo de identificar que tanto peso tienen las unidades públicas dentro del consumo total del sector Terciario.

Considerando la apertura del sector Terciario en dos Subsectores: Comercial y Público, se presenta en la Figura 7 el consumo de energía final. El Sector Público consume el 16% de la energía final del sector Terciario, sin embargo, para el uso electrónicos, donde se cuenta equipos ofimáticos y de comunicaciones alcanza a representar el 34% del sector total.

Figura 7 Consumo de energía final Subsectores Comercial y Público



Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Siguiendo la metodología empleada para el cálculo y análisis del sector Residencial se presenta en la

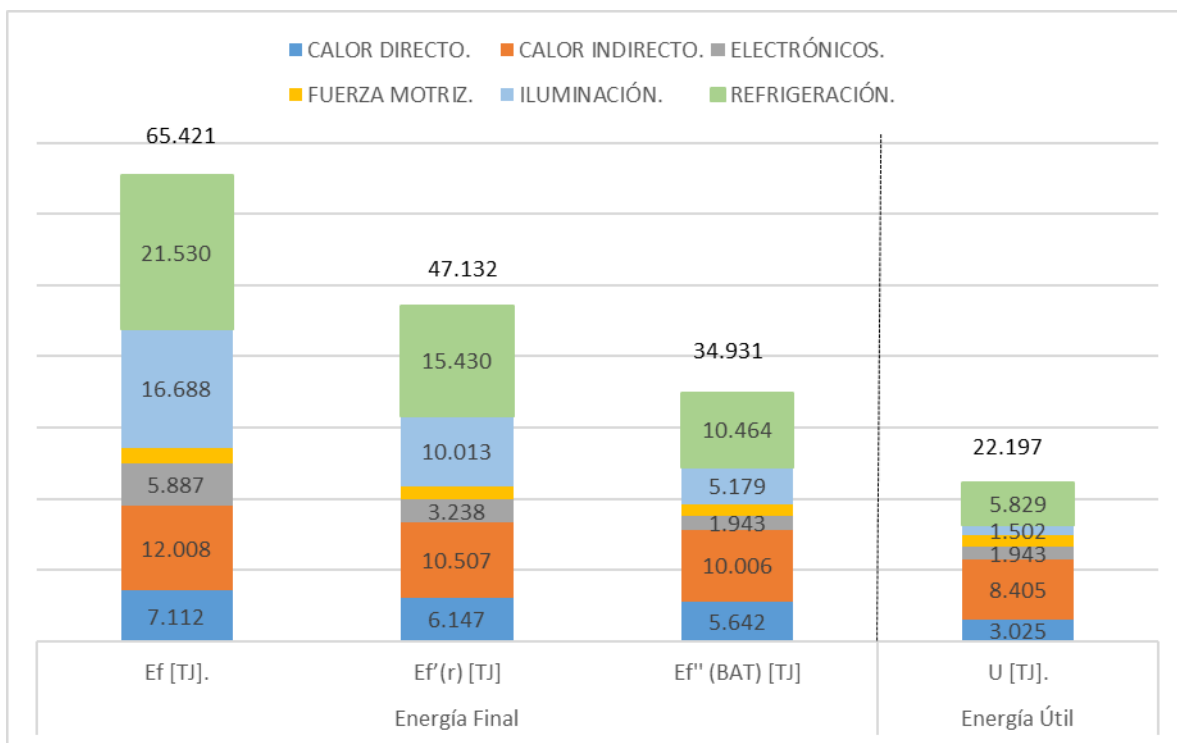
Figura 8 la comparación de la energía final obtenida para el año 2015 por el sector con la energía final estimada considerando que los equipos existentes en los hogares colombianos se comportaran con eficiencias del nivel de los mejores equipos disponibles en el país (eficiencia de referencia, $Ef'(r)$) y se comportaran con eficiencias del nivel de los mejores equipos desarrollados hasta el momento ($Ef''(BAT)$), esto con el fin de deslumbrar escenarios deseables. Como ejercicio paralelo se compara la energía útil real obtenida para 2015 (U) con la energía útil que se obtendría considerando eficiencias de referencia ($U'(r)$) eficiencias BAT ($U''(BAT)$).

En la Figura 9 y Figura 10 se presenta el potencial de ahorro que presenta el sector Terciario si los equipos usados por el sector tuvieran eficiencias del nivel de los rendimientos de los mejores equipos disponibles en el país ($P(r)$) y si presentaran un comportamiento en términos de eficiencia de las mejores tecnologías disponibles ($P(BAT)$).

Teniendo en cuenta eficiencia promedio nacional en el cálculo, la energía útil llega a ser un 34,4% de la energía final, de igual modo, en la

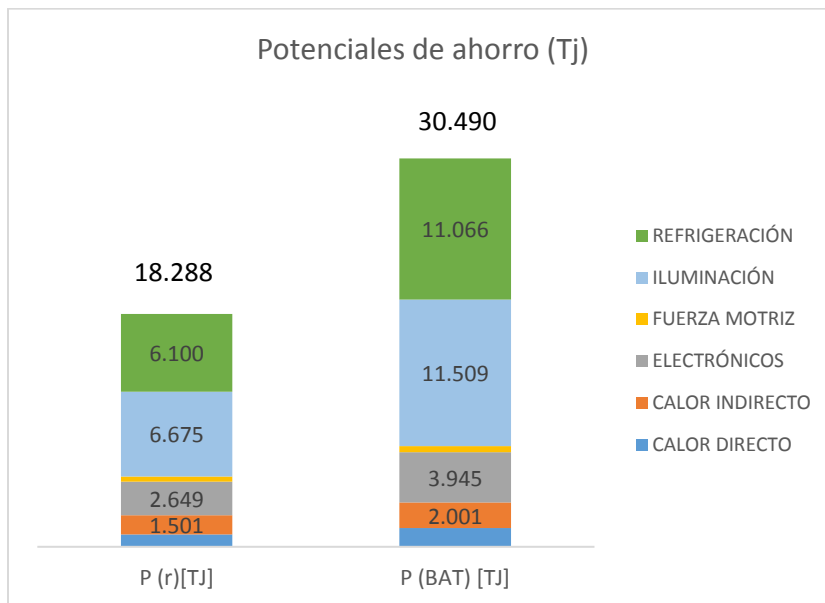
Figura 8 se puede apreciar que el potencial de energía con respecto al factor de eficiencia de referencia (P (r)) es de 18.288 Tj que representan un ahorro de 742 millones de dólares y el ahorro económico alcanzaría los 1.253 millones de dólares si se considera la eficiencia BAT (P (BAT)) para calcular el potencial energético.

Figura 8 Energía Final y Energía Útil – Sector Terciario.



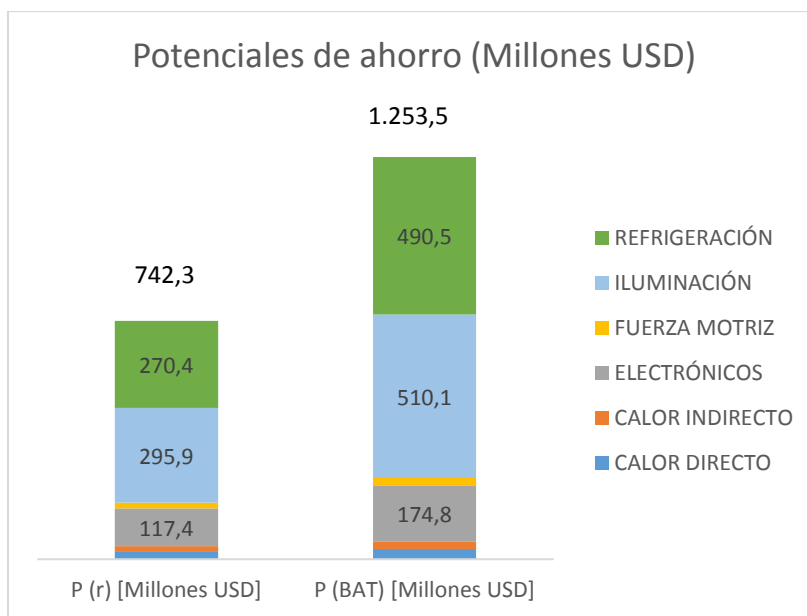
Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Figura 9 Potenciales de Ahorro TJ- Sector Terciario



Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Figura 10 Potenciales de Ahorro USD – Sector Terciario



Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

2. Análisis factores de eficiencia sector Residencial y Terciario (BEU)

Los rendimientos energéticos son factores no adimensionales que representan la relación entre energía consumida y energía útil producida en términos de un servicio, por ejemplo, kJ/km, kJ/km/pasajero en el caso de transporte, kWh/año/litro y kWh/día/m² en el caso de refrigeración, m³/s/W en ventilación, lumen/W en iluminación, BTU/hora/W en aire acondicionado, etc.

Los factores de eficiencia son factores adimensionales, expresados como porcentajes (%) de un valor de rendimiento teórico máximo o de un valor de rendimiento de referencia, por ejemplo, de un rendimiento máximo logrado con una nueva tecnología en algún laboratorio del mundo, en este estudio nombrado como BAT (Best Available Technology), o simplemente como un factor de eficiencia de conversión de energía. Con estos factores se calculan las pérdidas y el potencial de ahorro de energía.

Estos conceptos de rendimiento energético y factores de eficiencia adoptados en este balance de energía útil se refieren a la primera transformación de la energía final por parte del usuario antes de tener un servicio. Esta simplificación, de un lado, facilita la determinación de los rendimientos energéticos de los equipos en uso en todos los sectores, pero por otro lado introduce alguna distorsión en cuanto al significado de las pérdidas energéticas estimadas por el modelo. Con este concepto no se logra estimar todas las pérdidas del proceso productivo, las pérdidas reales siempre serán mayores que las estimadas.

A continuación, discutiremos estos dos conceptos aplicados al sector Residencial y Terciario

2.1. Sector Residencial

Se consideran los equipos correspondientes a los siguientes usos:

Calentamiento de agua, Calor directo (cocción, horno, plancha), fuerza motriz (lavadora, ventilador), iluminación, refrigeración y aire acondicionado, otros.

2.1.1. Calentamiento de agua:

Tabla 1. Eficiencias Calentamiento de Agua

Uso	Equipo	Energético	factor de eficiencia actual %	Referente Colombiano %	BAT	Teórico
1.1. Calentamiento de agua	1.1.1. Calentador de paso a Gas	Gas Natural	83,0	87,0	95%	100%
		GLP	83,0	87,0	95%	100%
	1.1.2. Calentador de paso eléctrico o calentador eléctrico con acumulación	Energía eléctrica	70 y 90	71 y 95	95%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Para el calentador de paso a gas, ya sea de GLP o gas natural, se considera que la eficiencia promedio nacional para el proceso de calentamiento es de 83% que corresponde a la categoría C del actual RETIQ (Reglamento Técnico de Etiquetado) y que coincide con el mismo factor en el reglamento

brasileño de 2014. El referente colombiano se toma como 87% que corresponde al valor de la categoría A en el actual RETIQ. El BAT internacional es del 95%, valor en laboratorio.

El calentador eléctrico con acumulador se toma como 70% valor actual de categoría C en el RETIQ y el de paso 90%, mientras que los referentes colombianos son 71 y 95% según categoría A del RETIQ. El BAT se toma también como 95%.

2.1.2. Calor Directo:

Tabla 2 Eficiencias Calor Directo

Uso	Equipo	Energético	factor de eficiencia actual %	Referente Colombiano %	BAT	Teórico
1.2. Calor directo	1.2.1. Estufa	Leña	3 y 15	20 y 30	50%	100%
		Carbón leña	30,0	40,0	60%	100%
		Gas natural	57 y 35	61 y 40	70 y 50%	100%
		GLP	59 y 38	63 y 42	70 y 50%	100%
		Energía eléctrica	70,0	80,0	90%	100%
	1.2.2. Horno microondas	Energía eléctrica	50,0	56,0	70%	100%
	1.2.3. Plancha	Energía eléctrica	80,0	85,0	90%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

En el caso de la leña para cocción, de los estudios de UPME-Universidad Nacional 1998 se concluye que la eficiencia de la leña para la preparación de un menú es de 15%, sin embargo, de los estudios de UPME recientes en PERS el consumo de leña es de 14 kg/día por hogar, este valor, asumiendo un poder calorífico superior de 18MJ/kg, resulta en 252MJ/día/hogar. Asumiendo hogares de 4 personas y comparando este valor con el consumo per cápita de gas para cocción en un hogar similar se encuentra que la eficiencia de la estufa de leña es de solo 3,7%.

Tabla 3. Eficiencias Calor Directo- Leña y Gas Natural

Leña		Gas natural	
14 kilos/día		150 litros/persona/día	
18 MJ/kg		0,15 m3	
252 MJ/día		44 Mj/m3	
63 MJ/díaPax		6,6 MJ/persona/día	
		10,5%	
	Eficiencia	3,7%	35%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

El referente colombiano con estufas de leña mejoradas es de 30% para un menú y de 20% mejorando la estufa y su régimen de uso considerando todo el día. A nivel internacional se puede llegar para un menú hasta un BAT de 50% con estufas eficientes.

Un análisis similar para el carbón de leña revela que la eficiencia promedio actual es de 30% y el referente colombiano con estufas eficientes es de 40%, el BAT internacional es de 60%.

Para las estufas de gas tanto gas natural como GLP en UPME 1998 se midieron las eficiencias del proceso de cocción (eficiencia de combustión*eficiencia de transferencia de calor) y el resultado fue

35% y 38% gas natural y GLP respectivamente. La etiqueta colombiana clasifica estas estufas de acuerdo a la eficiencia de combustión, en categoría C del RETIQ 57% para gas natural y 59% para GLP. El referente colombiano es de 61% y 63% en combustión y de 40% y 42% en el proceso de cocción con mejora en el diseño de la batería de ollas.

El BAT internacional se toma según criterio de expertos como 70% en combustión y 50% en el proceso sin distinguir el tipo de gas.

La estufa eléctrica convencional también se midió en UPME 98 y su resultado fue 70% de eficiencia en el proceso, el referente colombiano sería 80%, mejorando aislamientos térmicos y el BAT hasta 90% con estufas de inducción.

El horno microondas tiene una eficiencia promedio de 50% en la categoría C del reglamento brasilero de etiquetado, se asume esta como la eficiencia para Colombia 2015, el referente sería la categoría A del mismo reglamento, a nivel internacional el BAT es de 70% con mejores diseños.

La plancha eléctrica es más estándar, con eficiencia promedio de 80%, el referente colombiano se toma en 85% con mejores aislamientos en la parte superior o con vapor que mejora la transferencia. El BAT internacional se asume de 90%.

2.1.3. Fuerza motriz

Tabla 4. Eficiencias Fuerza Motriz

	factor de eficiencia actual	Referente Colombiano	BAT	Teórico
Energético	%	%		
Energía eléctrica	22,0	33,0	50%	100%
Energía eléctrica	32,0	42,0	67%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Los equipos más intensivos en energía en el hogar son la lavadora y el ventilador.

El rendimiento energético de la lavadora se mide en kWh/ciclo/kg, comparando estos rendimientos conseguimos los factores de eficiencia para el BEU (Balance de Energía Útil para Colombia). El primer valor de 0,045 kWh/ciclo/kg se encontró como promedio de las mediciones realizadas en varias lavadoras y ciclos de lavado en varias ciudades de Colombia durante las caracterizaciones energéticas a hogares en 2013. El valor de 0,03 kWh/ciclo/kg corresponde a la categoría A del RETIQ, el 0,02 es el mejor europeo para lavadoras automáticas y el 0,01 es un referente de laboratorio.

Tabla 5. Eficiencias Fuerza Motriz - Lavadoras

Lavadoras			
Factores	Rendimiento energetico		
	kWh/ciclo/kg		
22%	0,045	Promedio nacional de caracterizaciones	
		Coincide con etiqueta brasilera Cat D	
33%	0,03	Referente Colombiano	
50%	0,02	BAT	
100%	0,01	En laboratorio	

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

En el caso de los ventiladores, se distingue entre ventiladores de mesa o pared y ventiladores de techo, el rendimiento se mide en m³/s/W, el ventilador más convencional de pared en el comercio equivale al ventilador categoría D en Brasil con un rendimiento de 0,033 m³/s/W y el de techo en la misma categoría tiene un rendimiento de 0,014 m³/s/W. La etiqueta A en el reglamento brasilero es de 0,041 para los de pedestal y 0,019 los de techo y el estándar de laboratorio es de 0,02 y 0,03 respectivamente. Los promedios nacionales se toman como el promedio entre los de pedestal y los de techo. 32% el promedio nacional, 42% la etiqueta A y 67% el BAT.

Tabla 6. Eficiencias Fuerza Motriz - Ventiladores

Ventiladores			
m ³ /s/W			
pedestal/pared	techo		
0,02	0,03	standard	
0,01	0,025	BAT	
0,0041	0,019	Etiqueta A	
0,0033	0,014	promedio nacional	
21%	63%	Etiqueta A	42%
17%	47%	Prom nacional	32%
50%	83%	BAT	67%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

2.1.4. Iluminación

El rendimiento energético en iluminación se mide en lm/W (lumen/W). Para determinar el promedio nacional se toma la encuesta de calidad de vida en la pregunta de cuantos puntos de iluminación tiene y de que tecnología, en total se registran 5,37 puntos en el hogar con 4 horas de uso diario en la

Tabla 7 en la tercera columna se registran los valores de rendimiento para cada tecnología (2015), el promedio ponderado es de 42 lm/W. Este rendimiento se compara con el rendimiento máximo teórico de 683 lm/W, resultando en un factor de eficiencia de 6,2%, el mejor colombiano es el LED de 100 lm/W con 14,6% y el BAT de laboratorio es de 200 lm/W con 29%.

Tabla 7. Eficiencias Iluminación

Iluminacion			
	# ECV	lm/W	
Incandes	1,42	14	19,9
FL	0,13	40	5,2
LFC	3,5	50	175,0
LED	0,32	80	25,6
	5,37		225,7
	Promedio	42 lm/W	
	limite teorico	683 lm/W	
		6,2%	
	mejor colombiano		100 lm/W
			14,6%
	BAT	29%	200 lm/W

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

La tabla para iluminación del BEU queda entonces así:

Tabla 8. Eficiencias Iluminación BEU

			factor de eficiencia actual	Referente Colombiano	BAT	Teórico
Uso	Equipo	Energético	%	%	%	%
1.4. Iluminación	Iluminacion	Energía eléctrica	6,2	14,6	29%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

2.1.5. Refrigeración y aire acondicionado:

A continuación se presentan los rendimientos energéticos para las neveras en funcionamiento en 2015 considerando su edad.

Tabla 9. Rendimientos energéticos uso Refrigeración-Nevera

años	rendimiento energético kWh/año/litro	ECV 2015	
menos de 1	1,81	4%	0,07
1 a 5	2,01	48%	0,96
5 a 10	2,20	27%	0,59
10 a 15	2,40	13%	0,31
15 a 20	2,59	5%	0,13
mas de 20	2,85	3%	0,09
	Promedio ponderado		2,16

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Para determinar el rendimiento promedio a nivel nacional se calcula el promedio ponderado tomando la participación de cada grupo de edades de acuerdo a los resultados de la encuesta de calidad de vida de 2015. El resultado es 2,16 kWh/año/litro.

Para calcular los factores de eficiencia del BEU 2015 se toman los valores de la que muestran en la Figura 11 el mejor rendimiento nacional (etiqueta A del Retiq), el BAT internacional y el valor teórico de Carnot de COP=7,9 con temperatura ambiente de 32 C y temperatura del evaporador de -20 C.

Figura 11 Eficiencias uso Refrigeración- Nevera

Refrigeracion kWh/año/litro
2,16 promedio anual 2015
1 mejor en el mercado
0,6 BAT
0,3 Teórico Carnot
14% promedio anual
30% Etiqueta A
50% BAT

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

En estas condiciones la matriz de factores de eficiencia para el BEU que como en la Tabla 10

Tabla 10. Eficiencias consolidadas uso Refrigeración

Uso	Equipo	Energético	factor de	Referente	BAT	Teórico
			eficiencia actual	Colombiano	%	%
1.5. Refrigeración	1.5.1. Nevera	Energía eléctrica	14,0	30,0	50%	100%
	1.5.2. Aire acondicionado	Energía eléctrica	30,0	41,0	65%	100%

Un análisis similar al anterior se puede realizar para el aire acondicionado.

El promedio nacional 2015 se determina como el límite inferior de la categoría E del actual RETIQ, que coincide con la caracterización residencial de 2012, es decir EER=2,7 W/W, el mejor colombiano se toma como la categoría A del RETIQ, es decir EER= 3,75 W/W, o sea, 12,8 btu/h/W

Tabla 11. Eficiencias equipos de Aire Acondicionado

Aire Acondicionado				
	2015	retiq	BAT	Teorico
	3,412	3,412		
W/W	2,7	3,75	5,86	9,1
Btu/h/W	9,21	12,80	20,00	31
	30%	41%	65%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

El BAT se toma como 5,86 W/W que corresponde al mejor mundial en laboratorio y el límite teórico el de Carnot con COP=9,1 con T ambiente de 32 C y temperatura del evaporador de 0 C.

2.1.6. Televisión

Para el cálculo del factor de eficiencia promedio de los televisores en el país en 2015, se parte de la ENCV 2015 sobre la pregunta de qué tecnología tiene en sus televisores si CRT o LED, las respuestas son el 60% de los TVs son CRT y el 40% son LED. También se toma como base para el cálculo de los consumos de energía el documento de la comisión delegada de regulación EU #1062 de 2010 sobre el reglamento de etiquetado de televisores.

El **EEl**, índice de eficiencia energética para los TVs, se define como $EEl = P/Pref$, en donde P es la potencia demandada por el equipo y Pref es una potencia de referencia en vatios.

Esta Pref para TVs normales, sin disco duro ni otros aditamentos se calcula así:

$Pref = P_{basica} + A * 4,3224$, donde A es el área de la pantalla en dm² (decímetros cuadrados).

De acuerdo con esta fórmula, los EEl de las tecnologías en Colombia 2015 son:

Tabla 12. EEl Televisores 2015

Televisores	tamaño en pulgadas	A	Pref	IEE CRT	IEE LED	IEE plasma	CRT Watt	LED Watt	Plasma Watt
pulgada=0,254 dm	19	11,6	70,3	1,14	0,30		80	21	
pref=Pb+A*4,3224	24	18,6	100,3	1,20	0,45		120	45	
A en dm2	32	33,0	162,8	1,11	0,37	0,98	180	60	160
	42	56,9	266,0		0,38	0,83		100	220
	52	87,2	397,0		0,30	0,76		120	300
				1,15	0,36				
				6%	20%				

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

El BAT se toma como el mejor equipo europeo etiquetado A⁺⁺⁺ que tiene un IEE=0,1 y el valor de laboratorio sería de EEl=0,07 que se toma como valor máximo teórico. Así, el factor de eficiencia calculado para los equipos instalados es:

IEE Teorico	0,07	100%
IEE BAT	0,1	70%
Mejor local	0,2	35%
Promedio nal	0,75	11%

La tabla para el BEU queda entonces:

Tabla 13. Eficiencias Consolidadas Televisión

			factor de eficiencia actual	Referente Colombiano	BAT	Teórico
Uso	Equipo	Energético	%	%	%	%
1.6. Televisión		Energía eléctrica	11,0	35,0	70%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

2.1.7. Computadores

Para la estimación de los factores de eficiencia en computadores, se tiene en cuenta que los computadores de escritorio pueden ser CRT o LED, los primeros son de 100 W y los segundos de 25

W, los portátiles pueden ser de 6 W los más antiguos o de 3 W los mejores, en tanto que el BAT es de 2 W y el teórico de laboratorio es de 1 W.

Tabla 14. Factores de Eficiencias computadores

Computadores					
Desktop		Portatil W			
CRT W	LCD W	LED	Mejor nal	BAT	Teórico
100	25	6	3	2	1
1%	4%	17%	33%	50%	100%
60%	40%				
Promedio	2%				

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Asumiendo que a 2015 se tenían 60% de equipos CRT y 40% de equipos LCD, el factor de eficiencia para los computadores era 2%, siendo el mejor comercializado en Colombia de 33% y el BAT 50%.

La tabla para el BEU es:

Tabla 15. Eficiencias Equipos- Computadores

		factor de eficiencia actual	Referente Colombiano	BAT	Teórico
Equipo	Energético	%	%	%	%
1.7.1. Computador	Energía eléctrica	2,0	33,0	50%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Los demás equipos electrónicos, tales como, equipos de sonido, reproductores de video, decodificadores, etc, se comportan de manera similar a los computadores, la tecnología electrónica está reduciendo apreciablemente el consumo de energía.

2.2. Sector Terciario

Los usos de la energía en el sector terciario son similares a los del sector residencial, solo que los equipos son más grandes, por ejemplo, calderas para el calentamiento de agua, chillers para el enfriamiento de espacios y equipos refrigeración no compactos, con distribución de frío a diferentes temperaturas. Para el presente estudio solo se consideran diferentes los equipos de fuerza (motores, bombas, ascensores, etc), refrigeración (vitrinas refrigeradas y botellers) y de aire acondicionado (chillers refrigerados con aire y/o agua).

2.2.1. Refrigeración

Los sistemas de refrigeración en el sector terciario son muy variados pues, en el sector comercial, por ejemplo, incluyen las vitrinas refrigeradas verticales, horizontales, abiertas verticales y abiertas horizontales, con puertas, múltiples temperaturas y en general temperaturas por encima de cero y de congelación por debajo de cero, entre otras, además se clasifican de dos tipos con compresor remoto o integrales, a los primeros aquí las llamamos rack de refrigeración y los segundos son los botellers y las vitrinas refrigeradas.

A pesar de esta gran variedad el consumo de energía de los sistemas con rack de refrigeración se miden en términos de kWh/día/m² de exhibidor y los sistemas integrados en Wh/L/día, aunque también se pueden medir en términos del primer indicador de rendimiento.

De la caracterización realizada en 2013 del sector terciario en Colombia la participación por tipo de aparato en el consumo de energía de refrigeración como se muestra a continuación:

Dispensadora	Rack de Refrigeracion	Vitrina	Congelador	Nevera	Botellero	Total general
1%	76%	11%	3%	6%	3%	100%

Quiere decir que el 76% del consumo es debido a los sistemas de compresor remoto que tienen un indicador entre 10 y 14 kWh/día/m² dependiendo del tipo de sistema y de la temperatura. El mejor a nivel mundial BAT está entre 5 y 7 kWh/día/m² según (CLASP Comercial refrigeration equipment: mapping and benchmarking 2014). En laboratorio se encuentra entre 3 y 4 kWh/día/m². Los factores de eficiencia para refrigeración comercial son:

Tabla 16 Eficiencias Uso Refrigeración sector Terciario

Refrigeracion comercial			
	Rendimiento	Unidad	Factor de efic
Promedio nacional	12	kWh/día/m ²	25%
Mejor colombiano	10	kWh/día/m ²	30%
BAT	6	kWh/día/m ²	50%
Laboratorio	3	kWh/día/m ²	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

2.2.2. Aire acondicionado

Los sistemas de acondicionamiento de aire encontrados en el sector terciario durante la caracterización son Chillers refrigerados por agua y refrigerados por aire, compresores de tornillo, Split y Minisplit y sistemas integrados de ventana. De acuerdo a la potencia instalada la participación de cada tecnología es la siguiente:

Chiller por Agua	Chiller por aire	Compresor de tornillo	Mini Split	Split	Ventana
46%	25%	2%	12%	15%	1%

Como se observa el 71% de la potencia instalada en el sector está en chillers tanto de agua como de aire y solo 27% está en sistemas individuales tipo Split que ya fueron analizados en el sector residencial.

El rendimiento de los chillers se mide en términos de los indicadores EER, SEER y COP que se calculan a plena carga y el indicador IPLV que evalúa el EER en cuatro cargas diferentes 100%, 75%, 50% y 25% y hace un promedio ponderado con 42% y 45% de peso en los dos intermedios.

A partir del análisis de la caracterización del sector terciario en 2013 UPME-Corpoema, se calcula el promedio nacional del rendimiento, tanto para chillers con aire como para chillers con agua, se debe tener en cuenta que los chillers se diseñan para que operen con 75% de la carga. El valor de EER es adimensional y se determina como W/W vatios térmicos sobre vatios eléctricos.

Para la determinación de los rendimientos se debe tener en cuenta el régimen de operación FL (Full Load) e IPLV (Integrated Part Load Value), casi siempre se diseña el sistema para operar a 75% de la carga, aunque dependiendo del tipo de clima donde está instalado el sistema y de si existen estaciones el sistema operará con mayor o menor eficiencia. Para el caso colombiano los valores de EER promedios se estiman como en la tabla siguiente.

El mejor valor de IPLV sobre el FL se logra con la implementación de variadores de velocidad en todos los motores involucrados en el sistema, tales como, bombas de agua, ventiladores, compresores y otras manejadoras.

Tabla 17 Valores de rendimiento energético de las tecnologías de chillers

	Tipo de operación	Chiller por Agua	Chiller por aire	Factor de eficiencia	Factores promedio
EER prom nacional	W/W	3,51	2,7	29%	29%
EER mejor colombiano <600	FL	5,0	3,0	39%	45%
	IPLV	6,0	4,7	51%	
EER mejor colombiano >600	FL	5,5	3,5	44%	49%
	IPLV	6,5	5,0	55%	
BAT < 600	FL	6,3	4,5	52%	56%
	IPLV	7,2	5,5	60%	
BAT > 600 y >1000	FL	6,5	5,0	55%	61%
	IPLV	8,0	6,0	67%	
BAT > 1000	FL	7,0		64%	73%
	IPLV	9,0		82%	
Teórico		11,0	11	100%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Los BAT se extraen de estudios a nivel internacional de estos sistemas, tales como *Packaged_Liquid_Chillers_-_Benchmarking_Report_2015*. El valor teórico es calculado como el COP de Carnot con Temperatura externa de 32C y evaporador a 5 C.

2.2.3. Fuerza motriz:

Los equipos de fuerza motriz en el sector terciario están representados por bombas de agua, escaleras automáticas, ascensores, ventiladores y otros motores de uso industrial.

Según el estudio de caracterización la participación de estos equipos en el consumo de energía final es como se muestra en la siguiente tabla

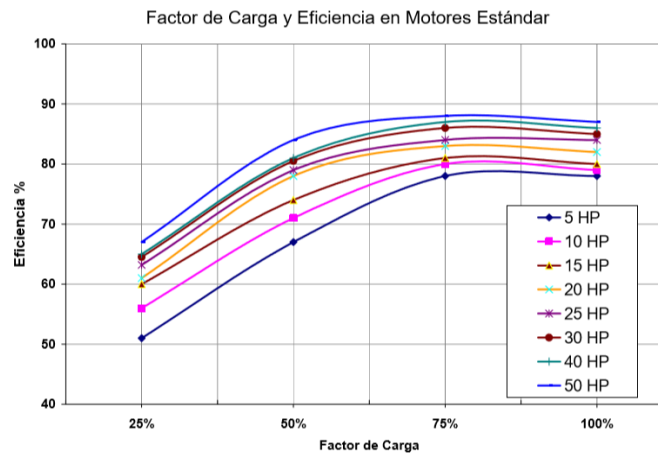
Tabla 18 Consumo energía final por equipos - uso Fuerza Motriz

Bomba de agua	Escalera Eléctrica	Ventilador	Ascensor	Motores maquinas industriales	Total general
32%	22%	1%	25%	20%	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

La mayor parte de estos motores son menores de 10HP con un mayor número por debajo de 5 HP. Teniendo en cuenta que los motores instalados a 2015 son en su mayoría tipo IE1 o standard, cuyo comportamiento de acuerdo al porcentaje de carga se comportan como en la Figura 12, se observa que existe una gran variación de la eficiencia con el porcentaje de carga especialmente para los tamaños de motores mencionados. La solución a esa variación es la instalación de variadores de velocidad en los sistemas de fuerza o cambiar los motores por motores IE2 o IE3 que tienen incorporada tecnología Inverter y sistemas de control.

Figura 12 Factor de carga y eficiencia en motores estándar



Fuente FIDE CNEE

La mejora en eficiencia es notable pues, hasta un 25% en sistemas de bombeo y ventilación, tomaremos en promedio una mejora de 15% en los equipos mencionados. Los valores de eficiencia promedio en el caso de motores quedan así:

Figura 13 Eficiencias uso Fuerza Motriz

	eficiencia
Promedio nacional	68%
Mejor colombiano	83%
BAT	88%
Teorico	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

El promedio nacional obedece a motores estándar con factores de carga de aproximadamente 50%, el mejor colombiano se interpreta como motores con variador y un 5% adicional por cambio a IE3. El BAT es algo similar, pero con motores premium.

2.2.4. Iluminación:

Las tecnologías encontradas en el sector comercial en el 2013 están relacionadas en la Tabla 19

Tabla 19 Porcentaje de tenencia por tecnología- uso Iluminación

T12	T8	Halógena	Haluro_Metalico	Incandescente	LFC
7%	39%	7%	23%	3%	20%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Asumiendo que estas tecnologías se mantenían para el 2015, se calcula el rendimiento promedio de la potencia instalada y se toma como el promedio nacional, en este caso resulta ser de 62,4 lm/W, el mejor colombiano se toma como 100 lm/W y se comparan con el teórico, resultando los valores consignados en la Tabla 20

Tabla 20 Eficiencias uso Iluminación – Sector Terciario

Iluminacion comercial			
	%	lm/W	
Incandes	3	14	0,4
T8	39	80	31,2
T12	7	45	3,2
Halogena	7	18	1,3
Haluro meta	23	80	18,4
LFC	20	40	8,0
		Rendimiento	Factor de efic
Promedio		62,4	9%
Mejor colombiano		100	15%
BAT		200	29%
Teorico		683	100%

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3. Inventario tecnológico para el sector Residencial y Terciario

3.1. Sector Residencial

Para estimar la distribución por usos de la energía final se construyó una ficha para explicar el consumo de un hogar promedio nacional.

Para la realización de la ficha se consideraron 16 equipos, que según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015 se utilizan con mayor frecuencia en la cotidianidad de una familia promedio.

Para caracterizar el consumo de un hogar promedio colombiano se requirió, en primera instancia la identificación de los usos para cada energético (energía eléctrica -EE-, gas natural -GN-, gas licuado de petróleo -GLP-, leña, entre otros), en segunda instancia, la tenencia de equipos consumidores (el inventario de electrodomésticos), Y en tercera instancia, la identificación de los patrones de uso (horas de uso diario, semanal o mensual).

Tabla 21. Ficha de caracterización de consumo de Energía Eléctrica de un hogar promedio colombiano

Equipo	Potencia	Unidad	Fuente	% de tenencia	Unidad	Fuente	Servicio	Unidad	Fuente	Subtotal Consumo día Wh	Consumo kWh/mes	Energético	Uso	% USO
Electricidad														
Iluminación				5,4	Bombillos	ECV				738,0	22,1	ENERGÍA ELECTRICA SIN	ILUMINACIÓN	14%
Incandescentes	60,00 W		Mediciones	1,28	Bombillos	ECV	4,10	Horas/día	Mediciones	315,52		ENERGÍA ELECTRICA SIN		
LFC	25,00 W		Mediciones	3,50	Bombillos	ECV	4,10	Horas/día	Mediciones	359,25		ENERGÍA ELECTRICA SIN		
LED	12,00 W		Mediciones	0,32	Bombillos	ECV	4,10	Horas/día	Mediciones	15,84		ENERGÍA ELECTRICA SIN		
Tubo fluorescente lineal (ba	36,00 W		Mediciones	0,13	Bombillos	ECV	4,10	Horas/día	Mediciones	18,57		ENERGÍA ELECTRICA SIN		
Incandescente halógena	50,00 W		Mediciones	0,14	Bombillos	ECV	4,10	Horas/día	Mediciones	28,82		ENERGÍA ELECTRICA SIN		
Ventilador	70,44 W		Mediciones	0,50	Unidad	ECV	8,00	Horas/día	ECV	281,97	8,46	ENERGÍA ELECTRICA SIN	FUERZA MOTRIZ	5%
Aire acondicionado	1816,00 W		Mediciones	0,04	Unidad	ECV	5,48	Horas/día	ECV	444,86	13,35	ENERGÍA ELECTRICA SIN	REFRIGERACIÓN	9%
TV	66,07 W		Mediciones	1,78	Unidades	GET	6,76	Horas/día	ECV	796,54	23,90	ENERGÍA ELECTRICA SIN	TELEVISIÓN	15%
Nevera	211,22 W		Mediciones	0,87	Unidad	ECV	11,34	Horas/día	Mediciones	2079,92	62,40	ENERGÍA ELECTRICA SIN	REFRIGERACIÓN	40%
Plancha	1117,54 W		Mediciones	0,48	Unidad	ECV	0,23	Horas/día	Mediciones	122,56	3,68	ENERGÍA ELECTRICA SIN	CALOR DIRECTO	2%
Lavadora	312,13 W		Mediciones	0,62	Unidad	ECV	0,27	Ciclos/día	ECV	52,89	1,59	ENERGÍA ELECTRICA SIN	FUERZA MOTRIZ	1%
Ducha eléctrica	3640,50 W		Mediciones	0,13	Unidad	ECV	0,38	Horas/día	Mediciones	177,37	5,32	ENERGÍA ELECTRICA SIN	CALENTAMIENTO DE AGUA	3%
Calentador eléctrico	1146,85 W		Mediciones	0,01	Unidad	ECV	1,05	Horas/día	Mediciones	15,18	0,46	ENERGÍA ELECTRICA SIN	CALENTAMIENTO DE AGUA	0%
Computador portátil	39,69 W		Mediciones	0,20	Unidades	ECV	3,24	Horas/día	Mediciones	25,43	0,76	ENERGÍA ELECTRICA SIN	ELECTRÓNICOS	0%
Computador	66,37 W		Mediciones	0,17	Unidades	ECV	4,43	Horas/día	Mediciones	51,36	1,54	ENERGÍA ELECTRICA SIN	ELECTRÓNICOS	1%
Equipo de Sonido	30,02 W		Mediciones	0,42	Unidades	ECV	3,09	Horas/día	Mediciones	39,25	1,18	ENERGÍA ELECTRICA SIN	ELECTRÓNICOS	1%
Horno Microondas	1173,08 W		Mediciones	0,14	Unidades	ECV	0,05	Horas/día	Mediciones	7,50	0,23	ENERGÍA ELECTRICA SIN	CALOR DIRECTO	0%
Cocción	1127,91 W		Mediciones	0,03	Unidades	ECV	2,30	Horas/día	ECV	85,32	2,56	ENERGÍA ELECTRICA SIN	CALOR DIRECTO	2%
Reproductor de Música	12,71 W		Mediciones	0,04	Unidades	ECV	3,02	Horas/día	Mediciones	1,71	0,05	ENERGÍA ELECTRICA SIN	ELECTRÓNICOS	0%
Reproductor de video	12,43 W		Mediciones	0,31	Unidades	ECV	0,37	Horas/día	Mediciones	1,40	0,04	ENERGÍA ELECTRICA SIN	ELECTRÓNICOS	0%
Otros electrodomesticos											9,00	ENERGÍA ELECTRICA SIN	OTROS	6%
Total											156,6			

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Tabla 22. Ficha de caracterización de consumo de Gas Natural de un hogar promedio colombiano

Equipo	Consumo Mensual por hogar	Unidad	Fuente	% de tenencia					Subtotal Consumo mes Litros	Consumo Litros/mes	Energético	Uso	% USO
Gas Natural													
Calentador de agua	566,0	Litros	Mediciones	0,06					32,4	32,4	GAS NATURAL	CALENTAMIENTO DE AGU	0,4%
Cocción	14.034,6	Litros	Mediciones	0,60					8.486,1	8.486,1	GAS NATURAL	CALOR DIRECTO	99,6%
Otros											GAS NATURAL	OTROS	0,00
									Total	8.519			

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

En la ficha de consumo de Gas Natural, que se presenta a continuación, podemos apreciar que un hogar promedio colombiano para el año 2015 consumió 8,59 metros cúbicos del energético al mes, este resultado se obtiene de identificar el consumo mensual promedio en equipos de calentamiento de agua y cocción multiplicado por el porcentaje de tenencia. Para especificar este consumo se tomó como referencia las mediciones del estudio “Caracterización energética del sector Residencial, Urbano y Rural en Colombia” (Corpoema, 2012), donde se obtiene un consumo mensual promedio de 14,6 metros cúbicos al mes de un hogar con Gas Natural.

Para la estimación de la ficha de leña se tomó como referencia un consumo promedio de 14 kg al día en un hogar que cocina con leña, valor encontrado en estudio PERS, este promedio de consumo mensual por hogar es multiplicado por un 9% de hogares que manifiestan cocinar con Leña en la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015, obteniendo un valor de consumo promedio mensual en un hogar promedio colombiano de 38 kg por hogar.

Tabla 23. Ficha de caracterización de consumo de Leña de un hogar promedio colombiano

Equipo	Consumo Mensual por hogar	Unidad	Fuente	% de tenencia					Subtotal Consumo día Kg	Consumo Kg /mes	Energético	Uso	% USO
Leña													
Cocción	405,00	Kg por menú	Mediciones	0,09					38,10	38,10	LEÑA	CALOR DIRECTO	1,00
Otros											LEÑA	OTROS	0,00
									Total	38,10			

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

Según el estudio “Caracterización energética del sector Residencial, Urbano y Rural en Colombia” (Corpoema, 2012) y otras mediciones, el consumo promedio mensual de GLP de un hogar que usa este energético es de 20,7 libras al mes y teniendo en cuenta que el porcentaje de hogares que cocinan con GLP fue de 24%, se obtiene un consumo final de un hogar promedio colombiano de 4,95 libras al mes.

Tabla 24. Ficha de caracterización de consumo de GLP de un hogar promedio colombiano

Equipo	Consumo Mensual por hogar	Unidad	Fuente	% de tenencia				Subtotal Consumo día Libras	Consumo Libras /mes	Energético	Uso	% USO
GLP												
Cocción	20,70	Libras de GLP	Mediciones	0,24				4,9	4,95	GAS LICUADO DE PETRÓ	CALOR DIRECTO	1,00
Otros										GAS LICUADO DE PETRÓ	OTROS	0,00
								Total	4,95			

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

A continuación se presenta la estimación del inventario de equipos para cada uno de los usos:

3.1.1. Iluminación

Para el uso de iluminación se consideraron 5 tecnologías diferentes de bombillos y teniendo en cuenta la información sobre tenencia y uso de equipos de la Encuesta Nacional de Calidad de vida se estima que para el año 2015 el sector residencial contaba con 69.398.843 bombillos usados en promedio 4 horas al día. Siendo los bombillos tipo LFC los de mayor concurrencia y la tecnología LED la de menos concurrencia

Tabla 25 Inventario iluminación

Iluminación	# de Equipos
Bombillos	69.398.843
Incandescente halógena	1.814.798
Incandescentes convencionales	16.558.025
LED	4.155.955
LFC	45.245.787
Tubo fluorescente lineal (balastro)	1.624.278
Total general	69.398.843

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.1.2. Refrigeración

Para el uso de refrigeración se consideraron equipos de enfriamiento y conservación de alimentos como neveras y sistemas de aire acondicionado, estimando un parque tecnológico de 12.156.378 equipos de refrigeración, donde 11.561.743 corresponde a neveras, de las cuales 12% son grandes, el 54% medianas y el 34% pequeñas. En equipos de aire acondicionado se estima el sector contó con alrededor de 594.635, de los cuales el 57% son mini split, 35% son pared/ventana y 8% centrales.

Tabla 26 Inventario uso Refrigeración

Refrigeración	# de Equipos
Aire Acondicionado	594.635
Clase	594.635
Central	47.571
Mini Split	338.942

Pared/ventana	208.122
Nevera	11.561.743
Grande	1.398.971
< 1 (año)	82.760
> 20 (años)	46.791
1 -5 (años)	666.981
11 - 15 (años)	125.035
16 - 20 (años)	75.986
6 -10 (años)	401.419
Mediana	6.267.621
< 1 (año)	370.776
> 20 (años)	209.630
1 -5 (años)	2.988.186
11 - 15 (años)	560.176
16 - 20 (años)	340.431
6 -10 (años)	1.798.422
Pequeña	3.895.151
< 1 (año)	230.427
> 20 (años)	130.279
1 -5 (años)	1.857.074
11 - 15 (años)	348.134
16 - 20 (años)	211.568
6 -10 (años)	1.117.669
Total general	12.156.378

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.1.3. Fuerza Motriz

En el uso de fuerza motriz se consideraron lavadoras y ventiladores, a través de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015 se estima el sector Residencial contaba con 8.317.274 lavadoras y 6.661.580 ventiladores, entre las tecnologías de mesa, pared, pedestal y techo.

Tabla 27 Inventario Fuerza Motriz

Fuerza Motriz	# de Equipos
Lavadora	8.317.274
Ventilador	6.661.580
Mesa	739.750
Pared	454.181
Pedestal	4.749.750
Techo	717.899
Total general	14.978.854

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.1.4. Cocción

Se estima que 97% de los hogares desarrolla actividades de cocción y que para cocinar el 3% de los hogares usa la electricidad como fuente de energía, el 60% de los hogares usa gas natural, el 9% de los hogares usa leña y el 24% de los hogares usa GLP, arrojando un total de 12.923.143 unidades de cocción para los diferentes energéticos.

Tabla 28 Inventario Cocción

Cocción	# de Equipos
Electricidad	437.907
Gas Natural	8.050.609
Leña, Madera, Carbón de leña	1.252.378
Propano, GLP	3.182.249
Total general	12.923.143

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.1.5. Calentamiento de Agua

Para calentar agua los hogares colombianos usan gas natural o electricidad, según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015, cerca de 1.860.748 usan sistemas eléctricos y cerca de 762.183 usan equipos con Gas Natural para su funcionamiento.

Tabla 29 Inventario Calentamiento de agua

Calentamiento de Agua	# de Equipos
Electricidad	1.860.784
Calentador eléctrico tipo paso	110.710
Calentador eléctrico tipo tanque	57.080
Ducha eléctrica	1.692.994
Gas Natural	762.183
Calentador de gas tipo tanque y de paso	762.183
Total general	2.622.967

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.1.6. Equipos Electrónicos

Para el cálculo del Balance de Energía Útil BEU 2015 se consideraron los 6 equipos con mayor porcentaje de tenencia según la Encuesta de Calidad de Vida, cabe resaltar que la reducción de precios y la gran popularización de nuevos aparatos eléctricos han hecho más representativo este uso, sin embargo, son equipos que por sus características propias y por su reducido tiempo de uso

al día generan poca incidencia en el agregado total de consumo final de energía, cerca del 4% del total de electricidad.

Para 2015 se estima los hogares colombianos tenían y usaban cerca de 23.535.949 equipos eléctricos, entre computadores, equipos de sonido y de multimedia , hornos microondas, planchas, entre otros.

Tabla 30 Inventario Equipos Electrónicos

E. Electrónicos	# de Equipos
Computador	2.326.732
Equipo de sonido	5.637.072
Horno Microondas	1.850.270
Plancha	6.412.264
Portátil	2.631.830
Reproductor de música	593.406
Reproductor de video	4.084.373
Total general	23.535.949

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.1.7. Televisión

Para 2015 se estima el sector Residencial contaba con 23.744.093 equipos de televisión, según la Encuesta Nacional de la Televisión para ese año habían en promedio 2 televisores por hogar con acceso a electricidad, siendo uno de los electrodomésticos más populares dentro del sector.

Tabla 31 Inventario Televisión

Televisión	# de Equipos
Televisor	23.744.093
Total general	23.744.093

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.2. Sector Terciario

Es importante resaltar que el sector Terciario cuenta con gran variedad de equipos teniendo en cuenta la gran heterogeneidad del sector , por esta razón, las estimaciones de tenencia se realizaron a partir del cálculo de promedios ponderados por uso y por tipo de equipo, de los resultados de las mediciones del estudio “*Determinación del potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia*” (2013, Corpoema).

A continuación se presenta el inventario tecnológico por uso:

3.2.1. Iluminación

En el sector Terciario se consideraron 12 tecnologías diferentes de bombillos frecuentemente usados por las unidades productivas del sector Terciario, según la siguiente tabla es posible evidenciar que cerca del 30% de los bombillos de todo el sector corresponden a Fluorescente_Tubular_T5 mientras la tecnología con menor incidencia es bombillos tipo cialitica con un 0,07% .

Tabla 32 Inventario Iluminación sector Terciario

Iluminación	Suma de Parque total equipo
Bombillos	35.320.288
Cialitica	26.921
Fluorescente_Tubular_T12	1.554.734
Fluorescente_Tubular_T5	10.451.856
Fluorescente_Tubular_T8	7.564.365
Halógena	1.330.803
Haluro_metalico	3.231.500
Incandescente	1.098.483
LED	4.097.853
LFC	3.470.456
Vapor de Mercurio	233.786
Vapor_Sodio_Alta	996.492
Vapor_Sodio_Baja	1.263.038
Total general	35.320.288

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.2.2. Refrigeración

En el uso de refrigeración se consideran equipos para refrigeración y sistemas de aire acondicionado, identificando para el sector terciario un total de 274.434 equipos de enfriamiento, de las cuales 10% son botelleros, 15% congeladores, 29% dispensadores, 24% neveras, 10% rack de refrigeración y 12% vitrinas.

Para sistemas de aire acondicionado se consideraron tecnologías diferentes que en total suman 317.316 equipos para el sector, donde el 5% son chiller por agua, 21% chiller por aire, 0,12% compresor de tornillo, 37% mini Split, 25% Split y el 12% ventana.

Tabla 33 Inventario tecnológico Refrigeración - sector Terciario

Refrigeración	Suma de Parque total equipo
Aire acondicionado	317.316
Chiller por Agua	17.291
Chiller por aire	65.610
Compresor de tornillo	378
Mini split	117.468
Split	80.512

Ventana	36.057
Refrigerador	274.434
Botellero	28.143
Congelador	40.066
Dispensadora	80.577
Nevera	65.836
Rack de Refrigeración	26.548
Vitrina	33.264
Total general	591.750

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.2.3. Fuerza Motriz

Para el uso de fuerza motriz se identificaron equipos tales como, ascensores, bombas de agua, escalera eléctrica, motores de máquinas industriales y ventiladores, por lo que se estima un total de 922.678 equipos de fuerza motriz para el sector Terciario.

Tabla 34 Inventario Tecnológico Fuerza Motriz – Sector Terciario

Uso	Suma de Parque total equipo
Fuerza Motriz	922.678
Ascensor	160.241
Bomba de Agua	132.313
Escalera Eléctrica	248.285
Motores maquinas industriales	149.698
Ventilador	232.142
Total general	922.678

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.2.4. Calor Directo

En el uso de calor directo se identificó el uso de tres energéticos; electricidad, con cerca de 441.311 equipos dentro de los que se cuentan, cafeteras, cocción eléctrica, equipos para calentamiento de agua eléctricos, horno microondas y secadores eléctricos; equipos que usan gas natural para su funcionamiento se estiman cerca de 105 y en equipos cuyo combustible necesario es GLP se estiman 4.500 equipos.

Tabla 35 Inventario Tecnológico Calor Directo – Sector Terciario

Uso	Suma de Parque total equipo
Calor directo	445.916
Electricidad	441.311
Cafetera	79.622
Cocción Eléctrica	30.863
Equipos para calentamiento de agua	42.023
Horno Microondas	105.823
Secador eléctrico	182.980

Gas Natural	105
GLP	4.500
Total general	445.916

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.2.5. Equipos Electrónicos

El total de equipos electrónicos estimados para el sector terciario para el año 2015 es alrededor de 2.871.799, esta cifra es entendible considerando que el sector comercial posee ciclos productivos pequeños y gran número de equipos ofimáticos y de entretenimiento, como se muestra en la siguiente figura.

Tabla 36 Inventario Tecnológico Equipos Electrónicos – Sector Terciario

Equipos Electrónicos	Suma de Parque total equipo
Entretenimiento	622.240
DVD	43.421
Equipo de sonido	142.744
Máquina de Videojuegos	106.681
Televisor CRT	77.929
Televisor LCD	210.567
Televisor LED	3.497
Televisor Plasma	37.400
Ofimáticos	2.249.559
Computadores	846.165
Equipos de comunicaciones	60.101
Equipos de impresión y Reproducción	276.905
Otros equipos electrónicos	394.181
Rack comunicaciones	522.892
Video Beam	149.317
Total general	2.871.799

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

3.2.6. Calor Indirecto

Se estima que el sector Terciario para 2015 contaba con 120 equipos para el uso de calor indirecto, siendo el uso con menor incidencia de equipos de todo el sector.

Tabla 37. Inventario Tecnológico Calor Indirecto – Sector Terciario

Uso	Suma de Parque total equipo
Calor indirecto	120
Total general	120

Fuente: Cálculos propios Corpoema, 2019.

4. Incertidumbres en los datos de entrada para el sector Residencial y Terciario

En el análisis del sector Residencial se usaron dos fuentes principales, ya mencionadas anteriormente: Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015 y el estudio “*Caracterización energética del sector residencial urbano y rural en Colombia*” (Corpoema, 2012), teniendo en cuenta que la encuesta del DANE es aplicada a una muestra representativa, ofreciendo datos oficiales sobre tenencias y frecuencias de uso, y que el estudio de caracterización ofrece datos sobre mediciones que permiten extrapolar los datos a la totalidad del sector, podemos concluir que la base empírica es buena y que se presenta incertidumbre baja, así como una buena consistencia y robustez. Aunque estas conclusiones son completamente válidas para la caracterización del consumo de electricidad, vale la pena mencionar que en el uso de Refrigeración y particularmente la nevera se presentan incertidumbres medias en los cálculos de consumo, ya que el funcionamiento de la nevera varía dependiendo de la ubicación, manipulación y otras variables que no son fácilmente capturadas por una encuesta.

Aunque los consumos de Gas Natural y GLP se conocen, la caracterización por uso y por hogar promedio presenta incertidumbres medias, ya que aunque la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015 preguntó sobre las veces de uso y la tenencia, no se tienen datos precisos de periodo de tiempo por ciclo de uso.

Para la estimación del uso de cocción con leña del sector Residencial se analizaron varias fuentes que registraban grandes diferencias entre los valores, por esta razón se observan incertidumbres altas y se recomienda actualizar los estudios pertinentes para generar información oficial, consistente y robusta.

Para el sector Terciario se tomó como fuente principal el estudio “*Caracterización Energética del Sector Residencial, Urbano y Rural en Colombia*. (Corpoema, 2012), en este estudio se presentan mediciones a una muestra representativa que permiten extrapolar los resultados a todo el sector, sin embargo, se sugiere actualizar el estudio ya que existen pocas fuentes para realizar comparaciones y generar medidas de incertidumbre más precisas.

En el caso de Energía eléctrica se identifica una baja incertidumbre teniendo en cuenta que la caracterización se realizó con base a mediciones de gran variedad de equipos con tecnologías diferentes y locales comerciales y de servicios de diferentes tamaños y procesos de producción. Sin embargo, se podría relacionar una incertidumbre media para el caso del uso de refrigeración, donde los consumos no solo dependen del tamaño y tecnología del equipo, sino que también se ve afectado por variables como: ubicación, manipulación y otros.

En el caso de Gas Natural y GLP se presenta un grado de incertidumbre alto ya que las frecuencias de uso pueden variar, en especial en Calor Directo, y teniendo en cuenta que actualmente no se cuenta con suficientes fuentes información del sector para realizar comparaciones, por lo que se recomienda actualizar estudios del sector y generar mayor volumen de información.

Tabla 38 Incertidumbres observadas para el sector transporte BEU 2015

Sector	Energético	Cubrimiento	Base Empírica	Consistencia	Robusto
Residencial	Electricidad				
	Gas Natural				
	GLP				
	Leña				
Terciario	Electricidad				
	Gas Natural				
	GLP				
		Baja	Media	Alta	

Fuente: Elaboración Corpema.

5. Recomendaciones para actualizaciones futuras del BEU

En base a los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para futuras actualizaciones del Balance de Energía Útil (BEU), para los sectores residencial y terciario.

5.1. Recomendaciones para el sector Residencial

Para el sector residencial se recomiendan las siguientes acciones:

1. Realizar un piloto de 100 a 200 hogares junto con el DANE para obtener datos a través de la Encuesta de Calidad de Vida con respecto a una extensión del módulo de energía y profundizar en la tenencia de electrodomésticos y gasodomésticos, con y sin etiqueta, así como en los patrones de uso de los mismos. Realizar inventarios de las diversas tecnologías en uso. Sugerimos hacer el piloto cubriendo todos los estratos y pisos térmicos.
2. Acorde con las necesidades de MRV en todos los programas de eficiencia energética, implementar un data panel con mediciones sobre los consumos de energía de los principales electrodomésticos utilizados en los hogares por estratos, por ciudades y por piso térmico. Se debe pensar en un número de equipos que se instalan por 8 días en diferentes hogares y luego se rotan para cubrir durante el año un número representativo del sector.
3. Hacer pruebas de laboratorio sobre los consumos en cocción con gas natural, GLP, leña y electricidad (resistencia eléctrica e inducción). Probando diferentes clases de estufas, tecnologías y menús. También se debería hacer pruebas de laboratorio en los demás electrodomésticos con el fin de hacer seguimiento tecnológico.
4. Hacer seguimiento a las importaciones de electrodomésticos y al mercado nacional (fabricantes y comercializadores) con etiqueta.
5. Establecer una batería de indicadores por área, por habitante, por hogar, estrato, piso térmico, etc de consumos de energía.
6. No todo el incremento en la eficiencia se debe a un cambio tecnológico, las prácticas en mantenimiento y reparación de muchos equipos residenciales juegan un papel en aumentar la eficiencia y reducir consumos de una manera más costo-efectiva. Sugerimos realizar proyectos de demostración de buenas prácticas observando los efectos en la reducción de los consumos.
7. El BEU del sector residencial 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 del sector residencial de simulación multi-variable.

5.2. Recomendaciones para el sector Terciario

Para la actualización del Balance de Energía Útil (BEU) para el sector Terciario, se recomiendan llevar a cabo las siguientes medidas:

1. Realizar un piloto de 100 a 200 empresas junto con el DANE para obtener datos a través de la encuesta anual de servicios y la encuesta anual de comercio con respecto a la inclusión de un módulo de energía y profundizar en la tenencia de aparatos consumidores de energía eléctrica y gas, con y sin etiqueta, así como de los patrones de uso de los mismos. Realizar inventarios de las diversas tecnologías en uso. Se sugiere hacer el piloto cubriendo tres pisos térmicos.

2. Acorde con las necesidades de MRV (Monitoreo, Verificación) en todos los programas de eficiencia energética, se propone implementar un data panel con mediciones sobre los consumos de energía de los principales equipos utilizados en las empresas de servicios y comercio, por ciudades y por piso térmico. Se debe pensar en un número de equipos que se instalan por 8 días en diferentes empresas y luego se rotan para cubrir durante el año un número representativo del sector.

3 En el sector público implementar sistemas de gestión municipal de la energía, lideradas por las alcaldías, con información de todo el sector público, educación, hospitales y las edificaciones destinadas a la administración.

4. Hacer seguimiento a las importaciones de equipos y al mercado nacional (fabricantes y comercializadores) con etiqueta.

5. Establecer una batería de indicadores de consumo de energía por área, por tipo de servicio y de negocio comercial por piso térmico, etc.

6. No todo el incremento en la eficiencia se debe a un cambio tecnológico, las prácticas en mantenimiento y reparación de muchos equipos utilizados en el sector juegan un papel en aumentar la eficiencia y reducir consumos de una manera más costo-efectiva. Se sugiere realizar proyectos de demostración de buenas prácticas observando los efectos en la reducción de los consumos.

7. El BEU del sector terciario 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 del sector residencial de simulación multi-variable.

8. Evaluación expost de proyectos

Estudios de caso de proyectos de eficiencia energética, cogeneración a mediana y pequeña escala, generación distribuida con el fin de determinar:

- Aspectos técnicos, operativos, legales, reglamentarios, financieros,
- Costos Reales de Implementación
- Barreras encontradas y superadas en la implementación
- Beneficios reales , Rentabilidad del proyecto

6. Referencias bibliográficas

Corpoema (2012) Caracterización Energética del Sector Residencial, Urbano y Rural en Colombia.

Corpoema (2013). Determinación del potencial de reducción del consumo energético del sector servicios en Colombia.

UPME-UNAL (1998). Determinación en los Usos Energéticos del Sector Residencial Rural – Primera Fase – Laboratorio.

INMETRO. Programa Nacional de etiquetado de Equipos. Brasil. link

Ministerio de Minas y Energía Brasil. RELATBEU 2005.

Reglamento Técnico de Etiquetado RETIQ. Ministerio de Minas y Energía Colombia.

E.P.E. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), M.P.

UPME. Balance de Energía Final Colombia BECO

[European Council for an Energy Efficient Economy - Eceee. https://www.eceee.org/](https://www.eceee.org/)

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE. Planes de energización rural sostenible – PERS.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015 – ENCV.