



Estrategias de innovación tecnológica en eficiencia energética para el sector **terciario (comercial, público y servicios)** en línea con el PAI PROURE 2022- 2030 (Resolución **MME 40156** de abril 2022)

---

Bogotá, **diciembre de 2023.**







## Tabla de contenido

1.	Objetivos	1
1.1.	Objetivo del Proyecto	1
1.2.	Objetivos específicos del proyecto	1
1.3.	Objetivo del entregable 3	1
2.	Caracterización de consumos de energía del sector terciario	2
2.1.	Consumos energéticos del sector terciario en el país	5
2.2.	Actualización de los consumos energéticos 2012 – 2021	10
3.	Línea base de los consumos energéticos del sector terciario	13
4.	Medidas de eficiencia energética propuestas	17
4.1.	Resultados de entrevistas a actores	18
4.2.	Tecnologías que han accedido a incentivos tributarios	19
4.3.	Nuevas medidas propuestas	21
4.3.1.	Iluminación	21
4.3.2.	Refrigeración	23
4.3.3.	Climatización	24
4.3.4.	Calor directo	28
4.3.5.	Fuerza motriz	29
4.3.6.	Otras	30
5.	Propuesta de ajuste a las metas del PAI PROURE	32
6.	Análisis costo beneficio de las medidas propuestas y actualizadas	36
6.1.1.	Iluminación	38
6.1.2.	Refrigeración	40
6.1.3.	Climatización	43
6.1.4.	Calor directo por sustitución	46
6.1.5.	Calor directo eléctrico	48

6.1.6. Fuerza motriz	50
6.1.7. Construcción sostenible	53
6.1.8. AMI	56
6.1.9. Distritos térmicos	59
6.1.10. Equipos ofimáticos	63
6.2. Resultados obtenidos	65
7. Conclusiones y recomendaciones	67
Anexos	
Referencias Bibliográficas	

### Índice de tablas

Tabla 1. Divisiones del CIU Rev. 4 A.C. consideradas	3
Tabla 2. Clasificación por piso térmico	4
Tabla 3. Clasificación de los establecimientos por tamaño, según sus ventas.	4
Tabla 4. Consumo de energía eléctrica por sección y división (2021)	6
Tabla 5. Participación del uso de energía por uso final - Nacional	8
Tabla 6. Línea base de consumos de energía eléctrica por uso del sector terciario del PAI PROURE 2022-2030	13
Tabla 7. Línea base de consumos de gas natural y GLP en calor directo del sector terciario del PAI PROURE 2022-2030	14
Tabla 8. Línea base ajustada de consumos de energía eléctrica por uso del sector terciario	16
Tabla 9. Propuesta de ajustes a las metas del PAI PROURE 2022-2030	32
Tabla 10. Parámetros económicos definidos para el análisis beneficio costo	37
Tabla 11. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de iluminación	38
Tabla 12. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de iluminación	39
Tabla 13. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de iluminación	39
Tabla 14. Resultados Beneficio/Costo Iluminación	40
Tabla 15. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de refrigeración	41

Tabla 16. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de refrigeración	42
Tabla 17. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de refrigeración	42
Tabla 18. Resultados Beneficio/Costo Refrigeración	43
Tabla 19. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de climatización	44
Tabla 20. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de climatización	45
Tabla 21. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de climatización	45
Tabla 22. Resultados Beneficio/Costo Climatización	46
Tabla 23. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de calor directo por sustitución	47
Tabla 24. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de calor directo por sustitución	47
Tabla 25. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de calor directo por sustitución	47
Tabla 26. Resultados Beneficio/Costo Calor Directo eléctrico	48
Tabla 27. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de calor directo eléctrico	49
Tabla 28. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de calor directo eléctrico	49
Tabla 29. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de calor directo eléctrico	50
Tabla 30. Resultados Beneficio/Costo Calor Directo eléctrico	50
Tabla 31. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de fuerza motriz	51
Tabla 32. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de fuerza motriz	52
Tabla 33. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de fuerza motriz	52
Tabla 34. Resultados Beneficio/Costo Fuerza Motriz	53
Tabla 35. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de construcción sostenible	54
Tabla 36. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de construcción sostenible	54
Tabla 37. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de construcción sostenible	55
Tabla 38. Resultados Beneficio/Costo Construcción sostenible	56

Tabla 39. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de AMI	56
Tabla 40. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de AMI	57
Tabla 41. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de AMI	58
Tabla 42. Resultados Beneficio/Costo AMI	59
Tabla 43. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de distritos térmicos	60
Tabla 44. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de distritos térmicos	60
Tabla 45. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de distritos térmicos	61
Tabla 46. Resultados Beneficio/Costo Distritos térmicos	62
Tabla 47. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de equipos ofimáticos	63
Tabla 48. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de equipos ofimáticos	64
Tabla 49. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de equipos ofimáticos	64
Tabla 50. Resultados Beneficio/Costo de equipos ofimáticos	65
Tabla 51. Medidas con evaluación BC total mayor a uno	65
Tabla 52. Medidas con evaluación BC social mayor a uno, privado menor a uno	66
Tabla 53. Resumen de medidas propuestas y potenciales de ahorro	68
Tabla 54. Resumen de resultados del análisis beneficio costo	69

## Índice de figuras

Figura 1. Consumo por energéticos (TJ/año)	5
Figura 2. Consumo de energía eléctrica por división (2021)	6
Figura 3. Participación del uso de energía eléctrica por uso final y piso térmico	8
Figura 4. Consumo de gas natural del sector terciario (m3) por CIIU - 2021	9
Figura 5. Consumo de gas natural del sector terciario (m3) por piso térmico - 2021	9
Figura 6. Consumo de gas natural por usos (m3/año)	10
Figura 7. Comparación de la participación de los energéticos en el consumo final de energía del sector terciario (2012-2021)	11
Figura 8. Comparación de participación de los usos en el consumo final de energía eléctrica del sector terciario	12

Figura 9. Propuesta de ajuste a la línea base del consumo de energía por iluminación en el sector terciario	15
Figura 10. Ajustes propuestos a la línea base PROURE	17
Figura 11. Ahorros energéticos estimados por las medidas que han solicitado incentivos tributarios	20
Figura 12. Comparación de metas de ahorro energético PAI PROURE y propuestas	33
Figura 13. Comparación de metas de ahorros energéticos agregadas	34

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivo del Proyecto

Definir estrategias de innovación tecnológica en eficiencia energética para el sector terciario (comercial, público y servicios) en línea con el PAI PROURE 2022- 2030 (Resolución MME 40156 de abril 2022).

### 1.2. Objetivos específicos del proyecto

- Elaborar el plan de trabajo, que incluya la metodología, estrategias, actividades y cronograma detallado. Se debe explicar cómo entiende el problema, señalar la manera de resolverlo e incluir fuentes de información y sus mecanismos gestión y validación; entre otros.
- Evaluar nuevas medidas de eficiencia energética y proponer ajuste a las definidas en el PAI PROURE vigente para el sector terciario en calentamiento, refrigeración, climatización e iluminación, principalmente, de acuerdo con: i) La evolución tecnológica; ii) El desempeño energético; iii) La diversificación de energéticos; iv) Las nuevas tendencias en materia de medición y sub-medición avanzada;



v) Las iniciativas en edificaciones energéticamente eficientes y vi) Las buenas prácticas de operación. Lo anterior a partir de información secundaria.

- Analizar como parte de las medidas de EE para terciario, las nuevas tendencias en materia de medición y sub-medición avanzada y de edificaciones energéticamente eficientes, así como de las buenas prácticas operacionales y la diversificación en el uso de energéticos. Lo anterior a partir de información secundaria.
- Elaborar una propuesta con las apuestas, medidas y estrategias de eficiencia energética, con un análisis beneficio costo que permita priorizar las medidas por subsector, energético, uso y equipos, y piso térmico, entre otros, incluyendo senda de cumplimiento de las metas de eficiencia energética establecidas a 10 años.

### **1.3. Objetivo del entregable 3**

Elaborar una propuesta con las apuestas, medidas y estrategias de eficiencia energética, con un análisis beneficio costo que permita priorizar las medidas por subsector, energético, uso y equipos, y piso térmico, entre otros, incluyendo senda de cumplimiento de las metas de eficiencia energética establecidas a 10 años.





## 2. Caracterización de consumos de energía del sector terciario

En 2022 la UPME desarrolló la caracterización del sector terciario para fortalecer las estrategias y medidas de eficiencia energética, descritas en el reciente PAI PROURE. En este estudio se consideran las actividades que no producen un bien, pero son necesarias para el funcionamiento de la economía, como el comercio, los restaurantes, los hoteles, el transporte, los servicios, financieros, las comunicaciones, los servicios de educación, los servicios profesionales, el Gobierno, publicidad, etc. (SIC, 2020).

Dada la intensidad energética de los servicios de transporte, las diferencias en el uso de equipos consumidores de energía, el tipo de energéticos específicos utilizados, y las medidas de eficiencia energética particulares, el transporte es considerado como un sector diferenciado del resto de servicios en los análisis energéticos.

La metodología usada para la caracterización se basó en una aproximación de tipo top-down, en donde se partió del análisis de información secundaria para identificar el consumo global del sector, y mediante las encuestas y visitas realizadas se pudo determinar los patrones de consumo energético y principales usos finales de energía.

La consulta de información secundaria se realizó, en una primera instancia, en la base de información de consumo energético publicada en el SUI, específicamente los sectores: comercial, oficial, especial asistencial y especial educativo, por cliente (regulado y no regulado). Posteriormente se analizó la demanda de energía eléctrica comercial de los clientes no regulados suministrada por XM, con el fin de contrastar la distribución de la demanda energética por sectores. Finalmente, se revisó la información relacionada con el consumo energético consignada en la Encuesta Anual de Comercio (EAC) y Encuesta Anual de Servicios (EAS) del DANE, con el fin de cotejar con la base de XM la distribución del consumo energético por subsector, ya que dichas bases de datos permiten analizar el detalle el consumo por división y sección.

Con respecto al consumo de gas natural, la única fuente de información que proporciona datos del consumo de este energético por piso térmico y sector económico es el SUI. La limitación de esta base de datos es que solo permite asociar el consumo de gas natural a determinados subsectores del sector terciario, administración pública, salud y educación, el resto de las secciones se agrupan en una sola categoría denominada “comercial”.

Considerando que en la mayoría de subsectores del sector servicios no es necesario el consumo de gas para el desarrollo de sus respectivas actividades económicas se consideraron para el análisis por CIU los siguientes sectores:



- Sección I – Alojamiento y servicios de comida.
- Sección O – Administración pública y defensa; planes de seguridad social.
- Sección P – Educación.
- Sección Q – Actividades de atención de la salud humana y asistencia social.
- Sección R – Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación.

Las actividades consideradas para la definición de la muestra, de acuerdo con su clasificación a dos dígitos del código CIIU.

**Tabla 1. Divisiones del CIIU Rev. 4 A.C. consideradas**

Sección	División	Descripción
G	45	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios
	46	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas
	47	Comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles), excepto el de vehículos automotores y motocicletas
I	55	Alojamiento
	56	Actividades de servicios de comidas y bebidas
J	58	Actividades de edición
	59	Actividades cinematográficas, de vídeo y producción de programas de televisión, grabación de sonido y edición de música
	60	Actividades de programación, transmisión y/o difusión
	61	Telecomunicaciones
	62	Desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas), consultoría informática y actividades relacionadas
	63	Actividades de servicios de información
K	64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y de pensiones
	65	Seguros (incluso el reaseguro), seguros sociales y fondos de pensiones, excepto la seguridad social
	66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros
L	68	Actividades inmobiliarias
M	69	Actividades jurídicas y de contabilidad
	70	Actividades de administración empresarial; actividades de consultoría de gestión
	71	Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos
	72	Investigación científica y desarrollo
	73	Publicidad y estudios de mercado
	74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas
	75	Actividades veterinarias
N	77	Actividades de alquiler y arrendamiento
	78	Actividades de empleo
	79	Actividades de las agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reserva y actividades relacionadas
	80	Actividades de seguridad e investigación privada
	81	Actividades de servicios a edificios y paisajismo (jardines, zonas verdes)



Sección	División	Descripción
	82	Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras actividades de apoyo a las empresas
O	84	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria
P	85	Educación
	86	Actividades de atención de la salud humana
Q	87	Actividades de atención residencial medicalizada
	88	Actividades de asistencia social sin alojamiento
	90	Actividades creativas, artísticas y de entretenimiento
R	91	Actividades de bibliotecas, archivos, museos y otras actividades culturales
	92	Actividades de juegos de azar y apuestas
	93	Actividades deportivas y actividades recreativas y de esparcimiento
	94	Actividades de asociaciones
S	95	Mantenimiento y reparación de computadores, efectos personales y enseres domésticos
	95	Reparación de calzado y artículos de cuero
	96	Otras actividades de servicios personales

Fuente: UPME (2022) con base en DANE (2020)

En cuanto a la clasificación por tres regiones de diferentes pisos térmicos, esta se considerará en la muestra a partir de los pisos térmicos más que de las regiones, considerando nuevamente el tamaño de la muestra definido para el estudio.

**Tabla 2. Clasificación por piso térmico**

Temperatura	Clasificación
Menos de 18°C	Frío
18°C - 23°C	Templado
Más de 23°C	Cálido húmedo y seco

Fuente: UPME (2022)

En Colombia, los establecimientos se clasifican en cuatro categorías según su tamaño (micro, pequeñas, medianas y grandes empresas). La clasificación se reglamentó con la Ley 590 de 2000 (Ley Mipymes) y sus modificaciones (Ley 905 de 2004), y posteriormente por el Decreto 957 del 5 de junio de 2019 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo<sup>1</sup>. A continuación, se presenta esta clasificación para los sectores servicios y comercio, de acuerdo con sus ventas en 2022:

**Tabla 3. Clasificación de los establecimientos por tamaño, según sus ventas.**

Clasificación	Servicios	Comercio
Micro	Hasta \$1.253.675.952	Hasta \$1.701.401.076
Pequeña	Superior a \$1.253.675.952 y hasta \$5.014.665.804	Superior a \$1.701.401.076 y hasta \$16.387.172.784

<sup>1</sup> En 2022, 1 UVT= \$38.004 pesos.

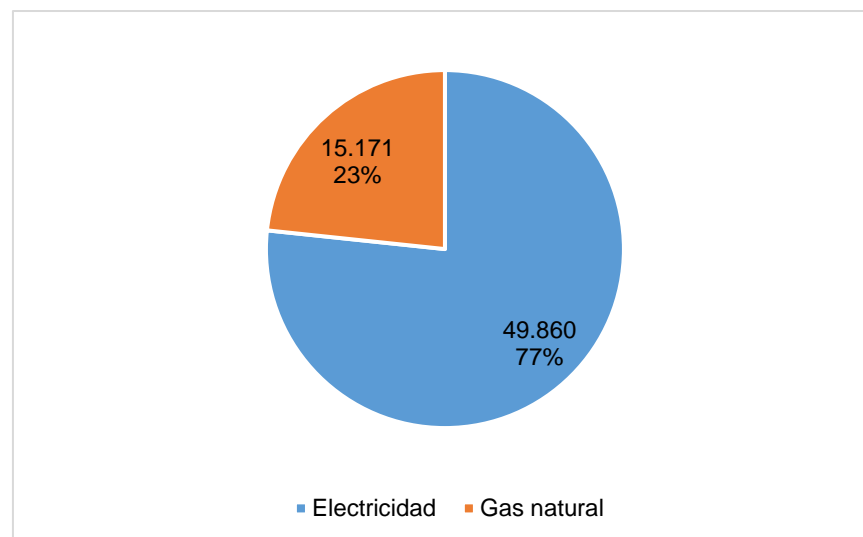
<b>Mediana</b>	Superior a \$5.014.665.804 y hasta \$18.357.224.136	Superior a \$16.387.172.784 y hasta \$82.114.938.768
<b>Grande</b>	Superior a \$18.357.224.136	Superior a \$82.114.938.768

Fuente: UPME (2022) con base en el Decreto 957 del 5 de junio de 2019 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

## 2.1. Consumos energéticos del sector terciario en el país

En 2021 el consumo de energía eléctrica y gas natural del sector terciario se estimó en 65.031 TJ/año, equivalente al 4,67% del total del consumo nacional<sup>2</sup>; si se analiza individualmente el consumo de energía eléctrica (el cual asciende a 49.860 TJ/año) este representa el 19,24% del consumo nacional de energía eléctrica, mientras que en el caso del gas natural la proporción sobre el consumo nacional es de 7,62%.

**Figura 1. Consumo por energéticos (TJ/año)**



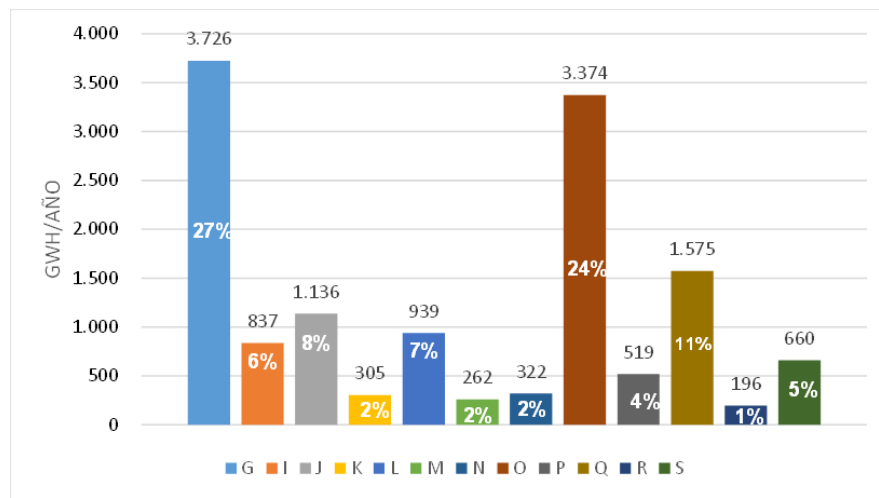
Fuente: UPME (2022) con base en SUI (2021).

El SUI reporta un consumo de energía eléctrica para 2021 de 13.849,56 GWh/año<sup>3</sup>. De acuerdo con las estimaciones realizadas, el sector terciario consume el 19,8% del consumo total de energía eléctrica del país. Los subsectores comercial (27%), administración pública y defensa (24%) y salud (11%), son los que mayor porcentaje del consumo energético del sector terciario concentran (Figura 2).

<sup>2</sup> De energía eléctrica y gas natural.

<sup>3</sup> Excluyendo el sector de transporte y almacenamiento.



**Figura 2. Consumo de energía eléctrica por división (2021)**

Fuente: UPME (2022) con base en XM (2021).

**Tabla 4. Consumo de energía eléctrica por sección y división (2021)**

Sección	División	Descripción	Total kWh/año
G	45	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios	16.322.186,73
	46	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas	887.650.116,09
	47	Comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles), excepto el de vehículos automotores y motocicletas	2.822.173.235,84
I	55	Alojamiento	778.548.052,26
	56	Actividades de servicios de comidas y bebidas	58.412.136,46
J	58	Actividades de edición	52.602.258,65
	59	Actividades cinematográficas, de vídeo y producción de programas de televisión, grabación de sonido y edición de música	41.662.529,40
	60	Actividades de programación, transmisión y/o difusión	75.715.645,24
	61	Telecomunicaciones	909.419.822,27
	62	Desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas), consultoría informática y actividades relacionadas	1.257.055,65
	63	Actividades de servicios de información	54.972.454,59
K	64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y de pensiones	283.087.897,37
	65	Seguros (incluso el reaseguro), seguros sociales y fondos de pensiones, excepto la seguridad social	15.726.204,97

Sección	División	Descripción	Total kWh/año
L	66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros	5.836.027,87
	68	Actividades inmobiliarias	939.327.281,25
M	70	Actividades de administración empresarial; actividades de consultoría de gestión	47.857.075,10
	71	Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos	156.963.383,90
	72	Investigación científica y desarrollo	29.639.385,91
	73	Publicidad y estudios de mercado	13.750.760,75
	74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas	13.574.786,15
N	77	Actividades de alquiler y arrendamiento	26.974.402,28
	79	Actividades de las agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reserva y actividades relacionadas	30.240.526,92
	80	Actividades de seguridad e investigación privada	6.743.819,21
	81	Actividades de servicios a edificio y paisajismo	3.539.873,00
	82	Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras actividades de apoyo a las empresas	254.106.441,72
O	84	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	3.373.712.435,04
P	85	Educación	518.876.339,13
Q	86	Actividades de atención de la salud humana	1.444.976.286,08
	87	Actividades de atención residencial medicalizada	129.019.276,85
	88	Actividades de asistencia social sin alojamiento	775.177,01
R	90	Actividades creativas, artísticas y de entretenimiento	3.067.869,22
	91	Actividades de bibliotecas, archivos, museos y otras actividades culturales	7.300.277,56
	92	Actividades de juegos de azar y apuestas	29.836.153,75
	93	Actividades deportivas y actividades recreativas y de esparcimiento	156.023.714,86
S	94	Actividades de asociaciones	314.287.238,64
	96	Otras actividades de servicios personales	345.582.392,28

Fuente: UPME (2022) con base en XM (2021).

Concerniente al consumo de energía eléctrica por usos, a partir de las encuestas realizadas, se determinó el consumo de energía por uso final, la tabla siguiente muestra esta participación a nivel nacional. Al analizar la participación de usos finales por piso térmico se puede ver que en el clima frío predomina el uso de equipos ofimáticos (30%) y fuerza motriz (29%); en contraste, y debido a las necesidades de equipos para el acondicionamiento de espacios, en los pisos térmicos cálido seco y cálido húmedo el 62% y 69% de la energía consumida, respectivamente, se destina al uso de equipos de climatización.

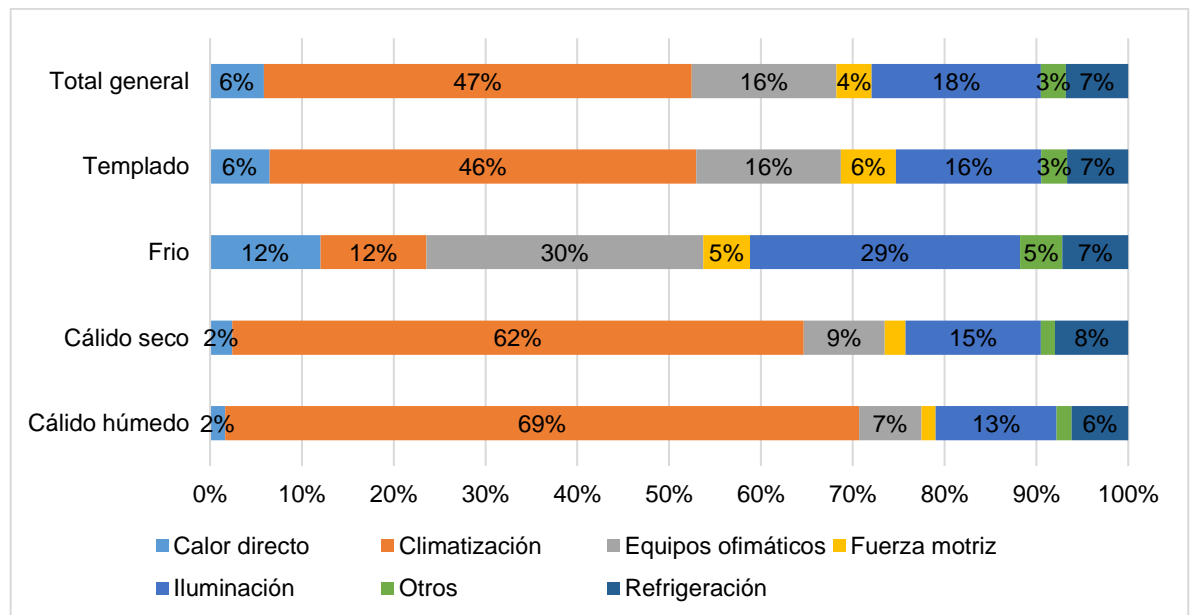




**Tabla 5. Participación del uso de energía por uso final - Nacional**

Usos	GWh/año	%
Climatización	6.453	47%
Iluminación	2.550	18%
Equipos ofimáticos	2.183	16%
Refrigeración	939	7%
Calor directo	812	6%
Fuerza motriz	532	4%
Otros	381	3%
<b>Total</b>	<b>13.850</b>	<b>100%</b>

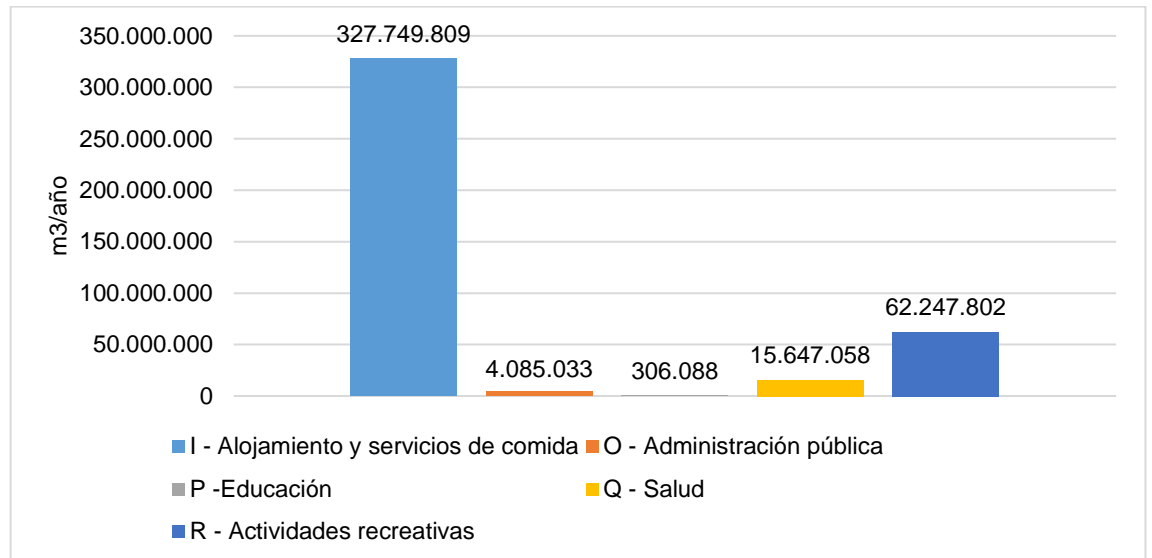
Fuente: UPME (2022) con base en datos extraídos de las visitas técnicas.

**Figura 3. Participación del uso de energía eléctrica por uso final y piso térmico**

Fuente: UPME (2022) con base en datos extraídos de las visitas técnicas, XM (2021), SUI (2021) y DANE (2022b).

En cuanto al consumo de gas natural, de acuerdo con el consumo de gas natural reportado por el SUI, en 2021 el sector terciario consumió 410.035.790 m<sup>3</sup>, de los cuales 327.749.809 m<sup>3</sup> (79,9%) fueron consumidos por los establecimientos de alojamiento y servicios de comida, seguido de los de actividades recreativas y de esparcimiento (15,2%), lo cuales consumieron 62.247.802 m<sup>3</sup>.

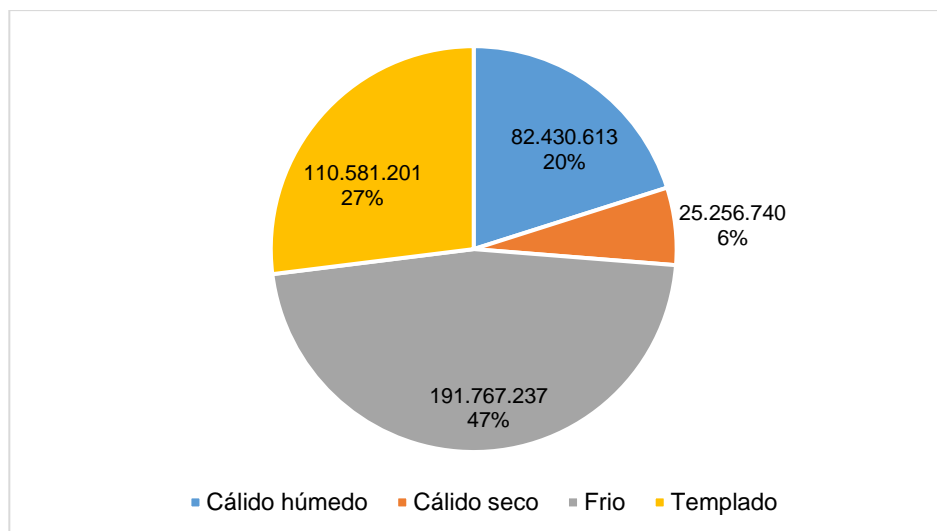
**Figura 4. Consumo de gas natural del sector terciario (m3) por CIU - 2021**



Fuente: UPME (2022) con base en SUI (2021).

Al analizar el consumo por piso térmico se puede evidenciar que la mayor parte de este se concentró en gran parte (47%) en el clima frío con 191.767.237 m<sup>3</sup>/año, debido a las mayores exigencias para el uso de equipos de calor directo, utilizados principalmente en el calentamiento de agua.

**Figura 5. Consumo de gas natural del sector terciario (m3) por piso térmico - 2021**

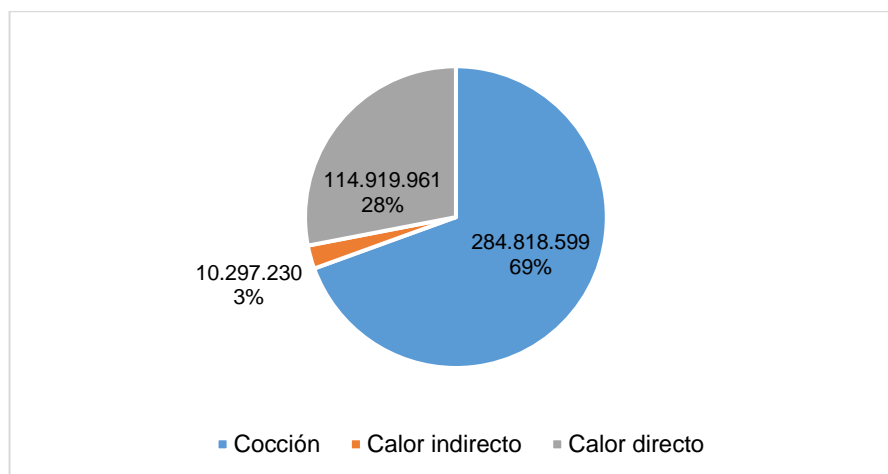


Fuente: UPME (2022) con base en SUI (2021).



Al analizar el consumo de gas natural por usos, se evidencia que la cocción representa el 69% del total del consumo de gas natural con 284.818.599 m<sup>3</sup>/año; seguido de calor directo con 28% (114.919.961 m<sup>3</sup>/año). Concerniente al calor indirecto, el uso de equipos y sistemas de vapor que demanden el consumo de gas natural no es muy alto; esto es porque el sector servicios por regla general no es intensivo en energía, sino en capital humano, razón por la cual el calor indirecto representa solo el 3% del total del consumo de gas natural.

**Figura 6. Consumo de gas natural por usos (m<sup>3</sup>/año)**



Fuente: UPME (2022) con base en el SUI (2021) y encuestas realizadas.

## 2.2. Actualización de los consumos energéticos 2012 - 2021

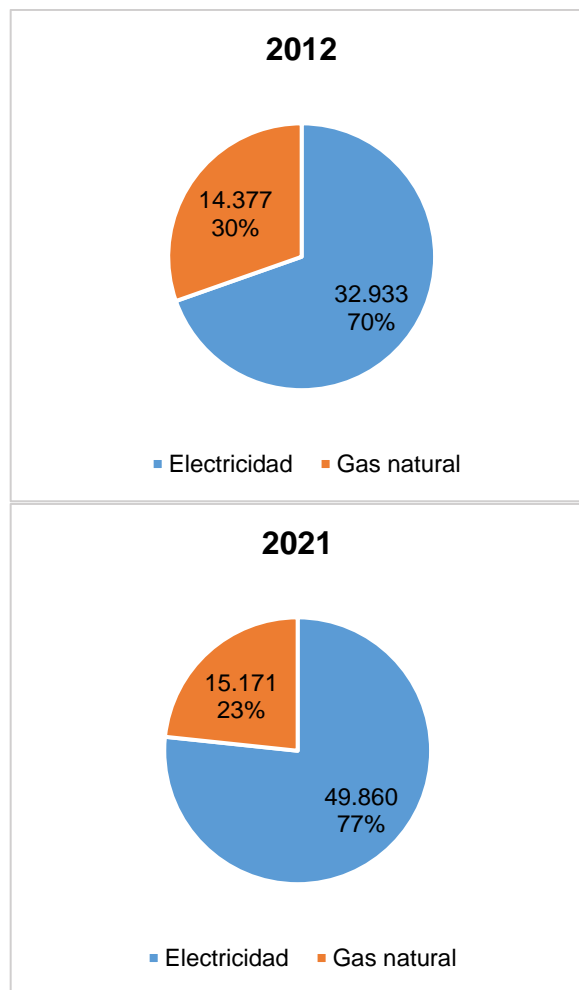
Considerando que la anterior caracterización realizada por la UPME para el sector terciario tuvo lugar en el año 2013, con datos de los consumos energéticos de 2012, se presenta en esta sección una breve comparación de los principales aspectos que se modificaron en el periodo de 9 años transcurrido entre las dos caracterizaciones. Inicialmente, es importante considerar que la participación del consumo de energía del sector terciario en el consumo total nacional, pasó de representar el 7% en la caracterización energética realizada en 2013, a 6% en 2020, donde es importante considerar que desde este año se vivieron condiciones particulares debido a la emergencia sanitaria causada por el COVID-19.

En términos de los energéticos utilizados, se puede observar que hubo un cambio en la proporción de los principales energéticos utilizados en el sector terciario, que son la energía eléctrica y el gas natural. Considerando los datos de 2012 y 2021, hubo un incremento del 37,4% del consumo energético



pasando de 47.310 a 65.031 TJ/año, con un aumento de 7 puntos porcentuales de la participación de la energía eléctrica frente al gas natural. Si bien el consumo de gas natural ha aumentado considerando el crecimiento vegetativo de la población y, en respuesta, del sector servicios, el uso de tecnologías que funcionan con energía eléctrica ha sido mayor, especialmente considerando la mayor penetración de tecnologías como el aire acondicionado en este sector, incluso en las zonas climáticas frías.

**Figura 7. Comparación de la participación de los energéticos en el consumo final de energía del sector terciario (2012-2021)**

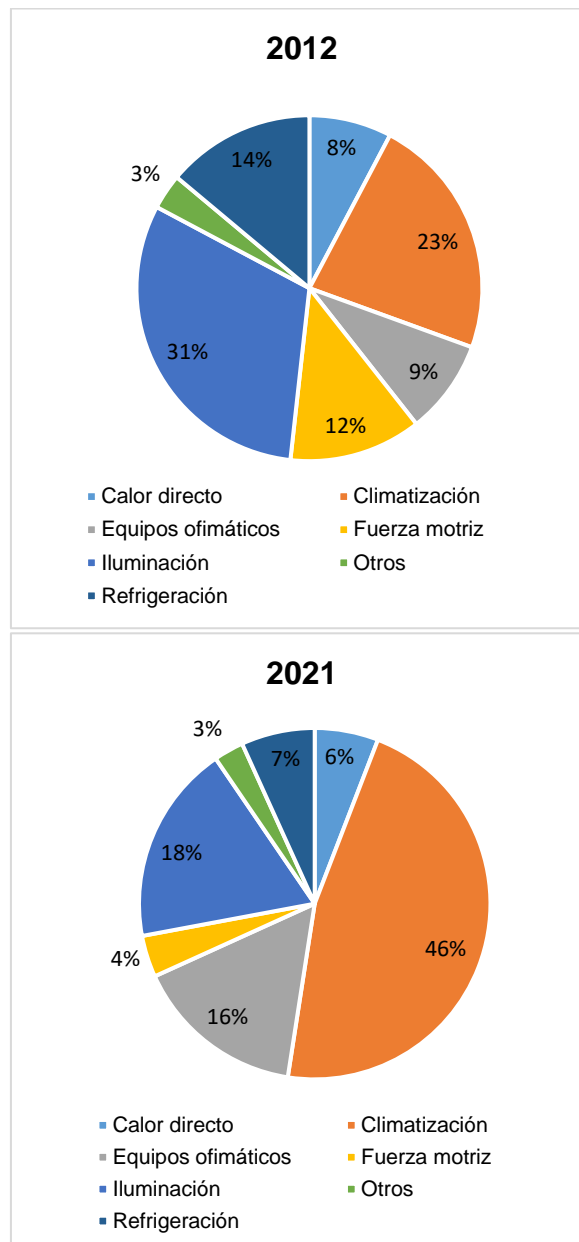


Fuente: Elaboración propia con base en UPME (2013) y UPME (2023).

Asimismo, considerando los cambios tecnológicos y las medidas de eficiencia energética que se han tomado en el país en el periodo de tiempo transcurrido, se dieron también cambios entre los usos de la energía. En la siguiente figura se puede observar cómo aumentaron las proporciones de los

consumos de energía en climatización y equipos ofimáticos, mientras que se redujeron las proporciones de los consumos de energía en iluminación, fuerza motriz, refrigeración y calor directo.

**Figura 8. Comparación de participación de los usos en el consumo final de energía eléctrica del sector terciario**



Fuente: Elaboración propia con base en UPME (2013) y UPME (2022).



Mientras que el consumo de energía eléctrica pasó de 9.146 GWh/año a 13.850 GWh/año, las participaciones de los diferentes usos de la energía no crecieron de manera lineal, como se presenta en la Figura 8. Los cambios identificados en las participaciones de los usos dentro de los consumos finales de energía del sector terciario se pueden justificar principalmente por los cambios tecnológicos y las medidas de política implementadas en el país. En el caso de la climatización, el aire acondicionado es una tecnología que se ha masificado con costos de inversión menores, lo cual ha generado que estos se encuentren en un mayor número de establecimientos, y, por lo tanto, tengan una mayor participación en el consumo de energía eléctrica, especialmente considerando que los mini-split siguen siendo la tecnología con mayor uso en el sector tanto en establecimientos de hotelería y comercio como en oficinas (UPME, 2022).

En el caso de la iluminación, la fuerza motriz y la refrigeración, los cambios tecnológicos y las medidas de eficiencia energética a nivel nacional, han llevado a que haya una mayor eficiencia en los equipos. Con respecto a la iluminación, ha sido importante la sustitución de luminarias de tecnologías como la incandescente y fluorescente por tecnología LED, que además de ser una tecnología con mayor eficiencia que para la caracterización anterior no se había aún masificado, se ha expedido normativa como la Resolución 18 0173 de 2011 del Ministerio de Minas y Energía, restringiendo la utilización de bombillas o lámparas incandescentes como parte del RETILAP (UPME, 2022).

Para el caso de refrigeradores y motores, si bien algunos tipos de estos cuentan con etiquetado de eficiencia energética<sup>4</sup> que puede llevar a que se adquieran equipos más eficientes, también se puede contar con el desarrollo del mercado en sistemas de refrigeración más eficientes. Asimismo, es importante considerar que estas participaciones son relativas, así que la reducción en la participación de un uso se puede deber también al aumento de la participación de otro.

---

<sup>4</sup> En el Artículo 9.2 del Anexo General Reglamento Técnico de Etiquetado – RETIQ, se describen los refrigeradores y/o congeladores de uso comercial, como: Enfriadores verticales con una o más puertas frontales con capacidad de 50 litros o más; enfriadores horizontales con capacidad de 110 litros o más; congeladores horizontales con capacidad de 110 litros o más; congeladores verticales con capacidad de 50 litros o más y vitrinas cerradas con capacidad de 200 litros o más.

### 3. Línea base de los consumos energéticos del sector terciario

La línea base de consumo energético que se utilizó como insumo para la estimación de los potenciales de ahorro de energía del PAI PROURE 2022-2030, en el caso del sector terciario, se diseñó con los datos del balance energético colombiano BECO y la caracterización del sector terciario existente en la fecha, realizada con datos del año 2012. En general, estos datos se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Línea base de consumos de energía eléctrica por uso del sector terciario del PAI PROURE 2022-2030**

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>CONSUMO COMERCIAL (PJ)</b>												
Aire Acondicionado	13,95	13,06	13,95	15,06	15,57	16,09	16,66	17,32	17,93	18,52	19,14	19,76
Iluminación	20,48	19,17	20,48	22,11	22,86	23,63	24,46	25,42	26,33	27,19	28,10	29,01
Fuerza motriz	2,71	2,54	2,71	2,93	3,03	3,13	3,24	3,37	3,49	3,60	3,72	3,84
Refrigeración	0,76	0,71	0,76	0,82	0,85	0,88	0,91	0,95	0,98	1,01	1,05	1,08
Calor directo (Elec.)	0,63	0,60	0,70	0,75	0,78	0,81	0,83	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99
Calor indirecto	11,20	8,51	9,45	10,20	10,54	10,90	11,28	11,73	12,14	12,54	12,96	13,38
Otros	2,59	2,42	2,59	2,79	2,89	2,98	3,09	3,21	3,32	3,43	3,55	3,66
<b>Total</b>	<b>52,33</b>	<b>47,02</b>	<b>50,64</b>	<b>54,65</b>	<b>56,51</b>	<b>58,42</b>	<b>60,47</b>	<b>62,86</b>	<b>65,09</b>	<b>67,23</b>	<b>69,47</b>	<b>71,72</b>
<b>CONSUMO PÚBLICO (PJ)</b>												
Aire Acondicionado	0,53	0,52	0,56	0,57	0,59	0,61	0,63	0,66	0,68	0,70	0,73	0,75
Iluminación	0,68	0,67	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
Fuerza motriz	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23
Refrigeración	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Calor directo (Elec.)	0,18	0,15	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26
Calor indirecto	3,84	3,09	3,42	3,52	3,64	3,76	3,90	4,05	4,20	4,34	4,48	4,63
Otros	0,36	0,36	0,38	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51
<b>Total</b>	<b>5,77</b>	<b>4,98</b>	<b>5,47</b>	<b>5,62</b>	<b>5,81</b>	<b>6,01</b>	<b>6,22</b>	<b>6,47</b>	<b>6,70</b>	<b>6,92</b>	<b>7,16</b>	<b>7,39</b>
<b>TOTAL TERCIARIO</b>	<b>58,09</b>	<b>52,00</b>	<b>56,11</b>	<b>60,27</b>	<b>62,32</b>	<b>64,43</b>	<b>66,69</b>	<b>69,32</b>	<b>71,79</b>	<b>74,15</b>	<b>76,62</b>	<b>79,11</b>

Fuente: Elaboración propia con base en la información técnica de la UPME y el PAI PROURE 2022-2030.

En cuanto a otros energéticos, la línea base corresponde únicamente al consumo de gas natural y GLP por parte del sector comercial en el uso de calor directo. La información se presenta en la siguiente tabla

**Tabla 7. Línea base de consumos de gas natural y GLP en calor directo del sector terciario del PAI PROURE 2022-2030**

Energético	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gas natural	17,43	13,43	16,21	17,50	18,09	18,70	19,36	20,12	20,83	21,52	22,24	22,96
GLP	2,46	1,99	3,39	3,66	3,78	3,91	4,05	4,21	4,35	4,50	4,65	4,80

Fuente: Elaboración propia con base en la información técnica de la UPME y el PAI PROURE 2022-2030.

Para el presente estudio, y principalmente a partir de las modificaciones en el sector identificadas en la más reciente caracterización del sector terciario elaborada en 2022, se propone realizar algunos ajustes a la línea base, que llevarán a modificaciones de los ahorros esperados en ciertos usos para la próxima actualización del plan en la cual se incluyan nuevas medidas. En el Anexo 1 se pueden observar las diferencias identificadas entre la línea base utilizada para el PROURE vigente, y los resultados de la caracterización del sector terciario realizado en 2022.

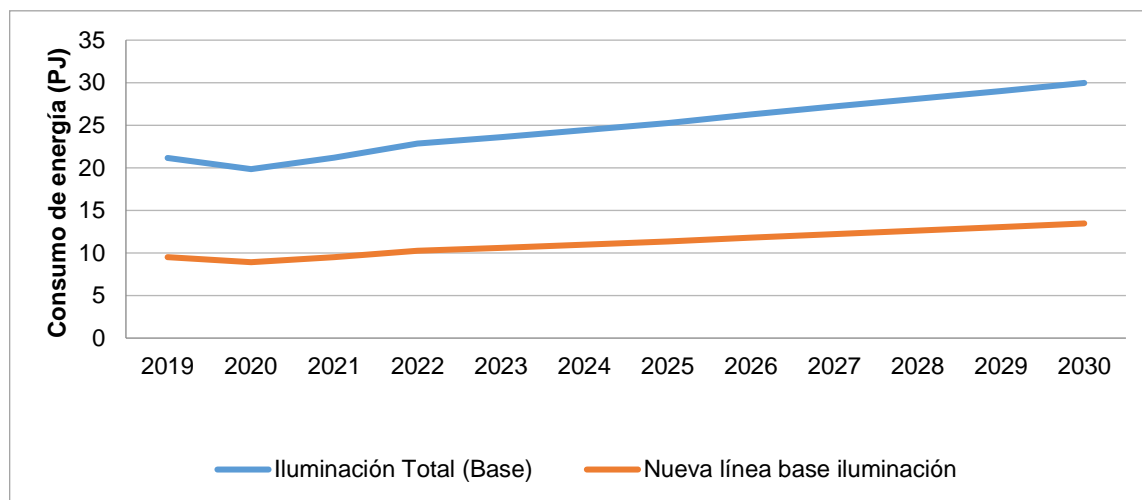
Uno de los usos en los cuales se identificó un mayor cambio en la línea base considerada hasta el momento y la nueva información brindada por la más reciente caracterización del sector, fue en la iluminación. En la línea base y las medidas propuestas para este uso, se partía de la participación por tecnologías existente en el año 2012, en la cual la tecnología LED no tenía una amplia penetración en los establecimientos del sector, por lo cual los consumos de energía eran mayores con la utilización de tecnologías menos eficientes. En el ajuste propuesto a la línea base, se incorpora la información identificada en cuanto a una penetración de la tecnología LED mucho mayor a la que se esperaba a la fecha, lo cual se debe a las diversas medidas establecidas en el país para prohibir el uso de luminarias incandescentes e incentivar el uso de dichas tecnologías más eficientes, y cuyos impactos en el ahorro han sido percibidos ampliamente en el sector y en la sociedad en general.

Por el cambio importante que tuvo la participación de la tenencia de las tecnologías de iluminación utilizadas por el sector terciario en el país identificada en la caracterización del sector con datos de 2022, hubo cambios importantes entre la proyección existente y la información obtenida de la más reciente caracterización; este es el caso de la tecnología LED, que, aunque se esperaba que tuviera una participación del 14% para el sector comercial y 12% para el sector público en 2022, en la más reciente caracterización demostró tener una participación del 82% en el comercial y 88% en el público. En este sentido, como se ilustra en la siguiente figura, se propone un ajuste en la línea base de los consumos del sector terciario por el concepto de iluminación, con una expectativa de consumos menor a la proyectada.





**Figura 9. Propuesta de ajuste a la línea base del consumo de energía por iluminación en el sector terciario**



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, y como se puede ver en la Figura 8, de forma relativa con la iluminación, la participación de la climatización en los consumos de energía del sector terciario cambió de manera importante. En la caracterización de 2022 esta participación pasó de ser del 23% al 46% del consumo total de energía del sector, mientras que la iluminación pasó de representar el 31% al 18%. Sin embargo, la mayor participación de la climatización en el consumo de energía del sector no se debe únicamente a la menor participación de la iluminación, sino a la masificación que han tenido en años más recientes los equipos de aire acondicionado, especialmente en climas cálidos, al tener mayor variedad de alternativas en el mercado algunas con menores precios y en formatos que permiten agregar equipos a medida que es posible ampliar los sistemas, lo anterior se refleja en un crecimiento promedio anual de 14,94% en consumos de climatización.

Otro uso de la energía que ha tenido una transformación importante en el sector terciario es el calor indirecto. En la caracterización de consumos y usos de la energía realizada para el sector terciario en 2013 mostró que en algunos establecimientos como hospitales, hoteles, restaurantes e instalaciones de la fuerza pública de ciertos tamaños eran utilizadas calderas instaladas en los años de las décadas de 1970 y 1980 para usos como:

- Hospitales:
  - Servicio de lavandería y desinfección de ropa de cama, colchonetas, etc.
  - Marmitas en las cocinas centralizadas

- Esterilización quirúrgica
- Agua caliente
- Hoteles y restaurantes
  - Servicio de lavandería y planchado
  - Marmitas en la cocina
  - Agua caliente
  - Servicios de SPA
- Ejército, Policía y Armada
  - Servicio de lavandería y planchado
  - Marmitas en la cocina
  - Agua caliente

Sin embargo, al actualizar esta caracterización en el año 2022, se identificó que una vez que estas calderas cumplieron su vida útil, en general se fueron desmontando debido a sus costos y mantenimiento. En la actualidad estos usos fueron sustituidos en esos subsectores, por ejemplo, la lavandería es tercerizada y se usa desinfección con productos químicos y lavado mecánico, el planchado se realiza con vapor vía electricidad. Se usa ropa y productos desechables en los hospitales. La cocción es tercerizada y se usa gas natural. La esterilización se realiza con autoclaves eléctricos pequeños de entre 50 y 200 litros. En restaurantes de cadena, se usan marmitas especiales de pequeña capacidad; y en lavanderías industriales y de barrio se utiliza planchado con prensa de vapor.

Considerando los cambios mencionados en la estructura de consumos de energía del sector terciario, se propone analizar las nuevas medidas propuestas y sus potenciales de ahorro a partir de una línea base ajustada, que se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 8. Línea base ajustada de consumos de energía eléctrica por uso del sector terciario**

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>CONSUMO COMERCIAL (PJ)</b>												
Aire Acondicionado	21,99	20,58	21,99	23,73	24,54	25,37	26,26	27,29	28,26	29,19	30,16	31,14
Iluminación	9,24	8,65	9,24	9,97	10,31	10,65	11,03	11,46	11,87	12,26	12,67	13,08
Fuerza motriz	2,71	2,54	2,71	2,93	3,03	3,13	3,24	3,37	3,49	3,60	3,72	3,84
Refrigeración	3,97	3,72	3,97	4,29	4,43	4,58	4,74	4,93	5,10	5,27	5,45	5,62
Calor directo (Elec.)	1,36	1,04	1,24	1,48	1,58	1,68	1,80	1,93	2,06	2,18	2,30	2,43
Calor indirecto	1,78	1,79	1,79	1,80	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88
Otros	11,28	8,71	9,69	10,46	10,82	11,18	11,58	12,03	12,46	12,87	13,30	13,73
<b>Total</b>	<b>52,33</b>	<b>47,02</b>	<b>50,64</b>	<b>54,65</b>	<b>56,51</b>	<b>58,42</b>	<b>60,47</b>	<b>62,86</b>	<b>65,09</b>	<b>67,23</b>	<b>69,47</b>	<b>71,72</b>
<b>CONSUMO PÚBLICO (PJ)</b>												
Aire Acondicionado	0,81	0,81	0,86	0,88	0,91	0,94	0,98	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16
Iluminación	0,27	0,27	0,29	0,29	0,30	0,31	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,39

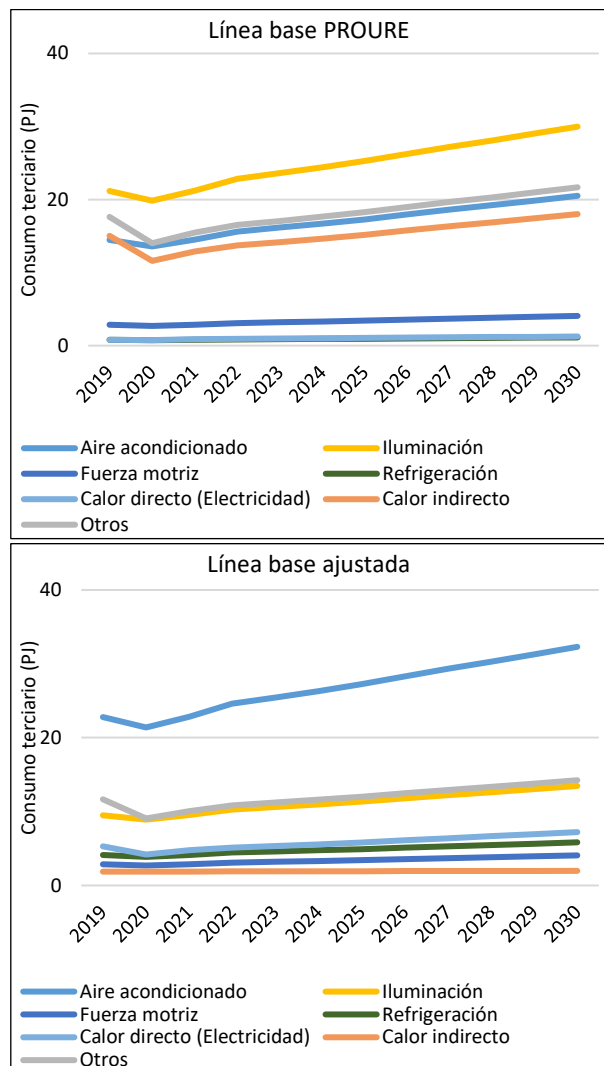
Fuerza motriz	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23
Refrigeración	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21
Calor directo (Elec.)	3,93	3,15	3,52	3,62	3,75	3,88	4,02	4,18	4,34	4,48	4,64	4,79
Calor indirecto	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Otros	0,36	0,36	0,38	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51
Total	5,77	4,98	5,47	5,62	5,81	6,01	6,22	6,47	6,70	6,92	7,16	7,39
<b>TOTAL TERCIARIO</b>	<b>58,09</b>	<b>52,00</b>	<b>56,11</b>	<b>60,27</b>	<b>62,32</b>	<b>64,43</b>	<b>66,69</b>	<b>69,32</b>	<b>71,79</b>	<b>74,15</b>	<b>76,62</b>	<b>79,11</b>

Fuente: Elaboración propia con base en la información técnica de la UPME y el PAI PROURE 2022-2030 y las caracterizaciones del sector terciario UPME (2013) y UPME (2022).

Para presentar gráficamente los cambios que representa esta nueva línea base propuesta, con respecto a la línea base del PAI PROURE 2022-2030 presentada en la Tabla 7, se presentan las líneas de tiempo de las dos líneas base, donde se puede observar la diferencia en el peso de cada uso de la energía dentro del consumo, donde el aire acondicionado tiene una relevancia mayor en la propuesta de acuerdo con lo identificado en la caracterización energética más reciente del sector.



**Figura 10. Ajustes propuestos a la línea base PROURE**



Fuente: Elaboración propia con base en la información técnica de la UPME y el PAI PROURE 2022-2030 y las caracterizaciones del sector terciario UPME (2013) y UPME (2022).

Es importante considerar que, aunque se recompone la participación por usos en la línea base propuesta, el total de los consumos de energía estimados en la línea base del PROURE se mantiene para cada año, como se puede observar en las tablas 6 y 8.

#### 4. Medidas de eficiencia energética propuestas

Considerando el análisis presentado, se presentan a continuación las medidas innovadoras propuestas. Para esto, se parte del análisis de diversas



fuentes de información: las entrevistas a actores relevantes del sector, las medidas de eficiencia energética del sector que han accedido a incentivos tributarios, y la revisión nacional e internacional de medidas con madurez tecnológica.

#### **4.1. Resultados de entrevistas a actores**

En el marco del desarrollo de la presente consultoría se desarrollaron entrevistas con diversos actores con conocimiento en las tecnologías actuales y futuras que se pueden implementar en el sector terciario para mejorar la eficiencia energética. Las entrevistas realizadas permitieron identificar el uso de las tecnologías presentadas a continuación, algunas de las cuales se encuentran ya incluidas en el PAI PROURE vigente, y otras de uso más reciente.

##### Medidas pasivas

- Estrategias de control térmico a partir de medidas pasivas de la envolvente.<sup>5</sup>
- Fachadas con control solar que se puedan automatizar.
- Paneles tipo sándwich en las cubiertas.
- Cubiertas TPO (ThermoPlastic Polyolefin).
- Utilización de durapanel para envolventes aisladas.
- Pielés o materiales para la envolvente.
- Pinturas atérmicas.
- Sombreamiento de fachadas (Celosías y cortasoles).
- Aislamiento térmico en la cubierta.<sup>6</sup>
- Ventanería de alto desempeño especialmente en vidrios de cámara.
- Iluminación natural pasiva
- Diseño con criterios de arquitectura bioclimática para edificaciones nuevas.

---

<sup>5</sup> De acuerdo con las entrevistas realizadas, las estrategias de control térmico de la envolvente a partir de medidas pasivas pueden generar ahorros del 20 al 30% sobre la carga térmica; esto en una edificación podría permitir una reducción del 5 al 10% en el consumo de energía eléctrica en climas cálidos.

<sup>6</sup> En las entrevistas se indicó que el aislamiento térmico en la cubierta tiene retornos de la inversión de 7 a 8 años.

- Recuperadores de energía.

#### Climatización

- Distritos térmicos.
- Vigas frías (pasivas y activas).<sup>7</sup>
- Tecnologías para climatización con refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global (GWP) y cero potencial de agotamiento de ozono (ODP).
- Sistemas VRF (Caudal de Refrigerante Variable).
- Chillers con compresores tipo tornillo y variadores de velocidad.
- Sistemas de Aire Exterior Dedicado (DOAS).
- Optimización y automatización de la ventilación, sensores para humedad relativa para la ventilación natural.
- Recuperadores de calor con intercambiadores de placa.
- Reutilización del calor residual para el calentamiento de agua en hospitales.
- Calderas y grifería para mayor eficiencia en el consumo de agua caliente en edificaciones de vivienda y en sectores como hoteles y hospitales.

#### Fuerza motriz

- Motores electrónicamente conmutados.

#### Iluminación

- Rediseño de los sistemas de iluminación sobredimensionados para reducir las cargas.
- Automatización para iluminación con escenarios.

#### Otras

- Generación de energía a partir de sistemas solares fotovoltaicos que pueden tener retornos de la inversión de 7 a 8 años en edificaciones

---

<sup>7</sup> Según los actores entrevistados, las vigas frías pueden tener ahorros en un rango de 30% a 40%, por medio del uso de energía radiante.

como colegios, dependiendo de la posibilidad de entregar los excedentes de energía a la red.

- Gestión de la energía y concientización en la operación.

#### **4.2. Tecnologías que han accedido a incentivos tributarios**

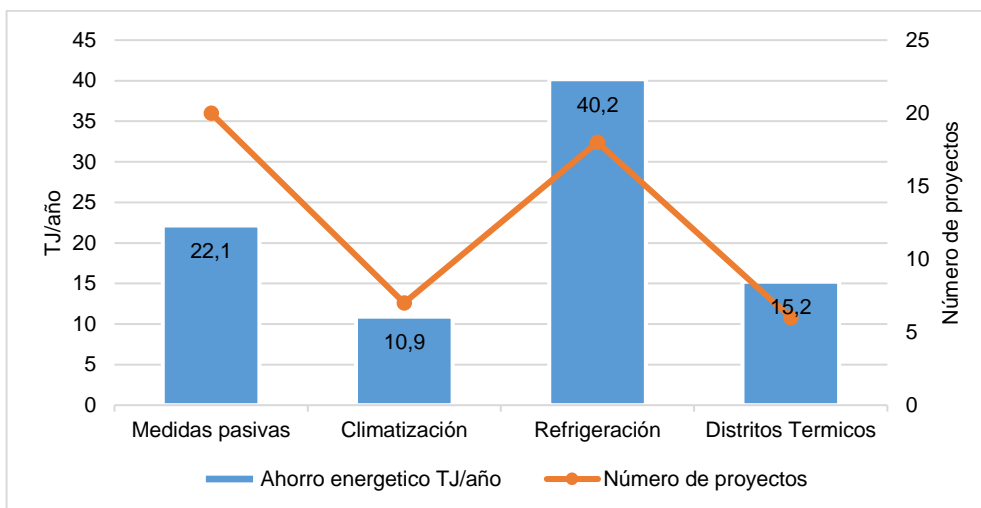
Una aproximación a las tecnologías para la eficiencia energética que se utilizan en la actualidad está dada por las solicitudes recibidas por la UPME para acceder a los incentivos tributarios para promover la implementación de medidas de eficiencia energética derivados de la Ley 1715 de 2014, según los listados de tecnologías aplicables dados por las Resoluciones 196 de 2020 o 319 de 2022. En este sentido, algunas de las tecnologías que han sido utilizadas en el país y han solicitado incentivos tributarios, son:

- Medidas pasivas: pintura atérmica, ventanería (con cristal laminado de 4mm) y perfilería en aluminio, aislamientos térmicos en cubierta o fachada, paneles de cubierta (en acero o aluminio), tejas con control solar, diseños bioclimáticos, sistemas de celosías para sombreamiento.
- Climatización: chillers de enfriamiento, tuberías y válvulas, evaporadoras y condensadoras, centrales de bombas, equipos de precisión de aire acondicionado y mini Split de alta eficiencia.
- Refrigeración: rack de compresores, evaporadores, compresores, condensadores, chiller de enfriamiento, tuberías y válvulas, gas coolers, aislamientos térmicos,
- Fuerza motriz: ascensores de alta eficiencia.
- Distritos térmicos: chillers, chillers eléctricos, central de bombas, tuberías y válvulas, torres de enfriamiento y variadores de velocidad.

De acuerdo con los ahorros de energía estimados por los proyectos presentados, se puede observar que los ahorros más altos se obtienen en estos casos de las medidas a implementar en refrigeración, seguido de las medidas pasivas, que son también los usos con proyectos con mayor número de proyectos presentados.



**Figura 11. Ahorros energéticos estimados por las medidas que han solicitado incentivos tributarios**



Fuente: Elaboración propia con base en información de la UPME.

En cada una de las categorías de medidas implementadas que se consideran en la gráfica anterior, es posible identificar cuáles son los proyectos que estiman la generación de mayores porcentajes de reducción en el consumo de energía. Sin embargo, es importante tener en cuenta que cada proyecto puede llegar a contener varias medidas simultáneamente, y que los ahorros generados por una medida dependen también de las características de cada edificación, razón por la cual estos porcentajes de ahorro no necesariamente pueden ser extrapolados a cualquier edificación.

Al analizar los proyectos en **medidas pasivas**, algunos de los que presentan ahorros mayores al 50%, contienen medidas como adecuaciones en las fachadas (doble piel, panel sándwich, envolvente en hormigón reforzado con fibra de vidrio (GFRC), sistemas de celosías sobre la ventanería), modificaciones en la ventanería (cristal laminado de 4mm y perfilerías en aluminio), y pinturas atérmicas. En cuanto a **climatización**, los proyectos analizados cuentan con ahorros entre el 9% y el 37%, dentro de los ahorros más altos se encuentran las medidas con equipos de precisión de aire acondicionado y los mini Split eficientes, seguidos por los proyectos con chillers de enfriamiento y sus sistemas. En **refrigeración**, los ahorros se estiman entre el 4% y el 57%, sin embargo, las medidas que se presentan en este uso son las mismas para los diferentes rangos de ahorro con el uso de racks de compresores, evaporadoras y condensadoras, y chillers de enfriamiento. Un caso similar sucede con las medidas para **distritos térmicos**, que, aunque presentan ahorros entre el 14% y el 48%, en la mayoría de los casos corresponden a chillers y centrales de bombas.



### **4.3. Nuevas medidas propuestas**

Con base en la información identificada y analizada con respecto a las innovaciones tecnológicas que se pueden incorporar al sector terciario, además de las medidas ya propuestas en el PAI PROURE 2022-2030, se presentan en esta sección las nuevas medidas propuestas para el uso racional y eficiente de la energía, de acuerdo con los usos en los cuales se pueden clasificar.

#### **4.3.1. Iluminación**

##### **Sistemas de iluminación y control de ocupación**

Esta medida de renovación tecnológica que se puede implementar en los sistemas de iluminación del sector terciario, especialmente en establecimientos medianos y grandes, se refiere a la implementación de un sistema de iluminación y control de la iluminación con sensores de ocupación tipo "on-off" es una medida altamente efectiva para el ahorro de energía en edificaciones y espacios interiores. Estos sensores inteligentes detectan la presencia de personas y activan o desactivan las luces de manera automática en función de esa ocupación. Cuando no hay nadie presente, los sensores "on-off" apagan las luces por completo, evitando el derroche de energía. Existen diferentes tipos de sensores para detectar la presencia de actividad o humanos, por ejemplo, infrarrojo, de tal forma que no se requiere de movimiento para detectar la ocupación.

Esta tecnología no solo mejora la eficiencia energética, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la huella de carbono de un edificio. Además, el confort de los ocupantes se beneficia, ya que la iluminación se ajusta de manera óptima a sus necesidades, creando un ambiente más agradable y productivo.

El potencial de reducción de consumo de esta medida se estima en aproximadamente el 35% del consumo actual del uso de iluminación<sup>8</sup>.

##### **Dimerización de iluminación y reemplazo por LED 120 lum/W**

La medida consiste en reemplazar los bombillos LED menos eficientes por bombillas de mayor eficiencia, con una eficiencia de 120 lúmenes por vatio

---

<sup>8</sup> Cálculo realizado con base en la información de la Lighting Control Association, obtenida de <http://lightingcontrolsassociation.org/2013/09/16/estimating-energy-savings-with-lighting-controls/>

(lm/W), y utilizar un dimmer para ajustar la intensidad de la iluminación con el objetivo de reducir el consumo de energía y mantener el mismo nivel de iluminación.

Esta medida de renovación tecnológica que se puede implementar en los sistemas de iluminación del sector terciario, especialmente en establecimientos medianos y grandes, es una estrategia efectiva de ahorro energético. Al utilizar bombillas más eficientes, se obtiene una mayor cantidad de luz por cada vatio de energía consumido, lo que en sí mismo reduce el consumo de energía. El dimmer permite adaptar la intensidad lumínica a las necesidades específicas del momento, lo que resulta en un menor consumo de energía cuando se requiere menos iluminación, sin sacrificar la calidad de la luz. Esto se traduce en un uso más eficiente de la electricidad y en la reducción de los costos operativos.

El potencial de reducción de consumo de esta medida se estima en aproximadamente el 11% del consumo actual del uso de iluminación<sup>7</sup>.

### **Ahorro de Energía para el Alumbrado Público**

Esta medida de renovación tecnológica del sector público consiste en implementar un sistema de telegestión y control centralizado que permita ajustar los niveles de iluminación de acuerdo con las condiciones ambientales y horarias, reduciendo así el consumo de energía innecesario. Además, se reemplazarán las bombillas actuales por luces LED de 150 Lúmenes por vatio (Lm/W) para mejorar la eficiencia lumínica y reducir los costos operativos a largo plazo. Estas medidas combinadas no solo ahorrarán energía de manera significativa, sino que también optimizan el control y monitoreo del sistema, reducen los costos a la par de mejorar la sostenibilidad del alumbrado público. Complementariamente, se podrían establecer granjas solares conectadas a la red eléctrica (neteo) para proporcionar energía sostenible.

El potencial de reducción de consumo alcanzable de esta medida se estima en aproximadamente el 25% del consumo actual del uso de iluminación<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información de TVILIGHT, obtenida de <https://tvilight.com/es/reducing-energy-consumption-with-street-lighting-digitization/>

#### **4.3.2. Refrigeración**

##### **Cambio de sistemas autocontenidos por sistemas centralizados**

Esta medida, que consiste en reemplazar los sistemas de refrigeración autocontenidos por sistemas centralizados se propone para establecimientos del sector comercial. Esta renovación tecnológica permite un diseño más eficiente, no generando calor al interior de los espacios durante el proceso de condensación, lo cual puede generar una demanda adicional en los sistemas de aire acondicionado o la necesidad de estos. Además, el uso de sistemas centralizados da la posibilidad de tener un mayor control y monitoreo de la temperatura en el evaporador. Lo anterior conduce a un ahorro significativo del consumo de energía y los costos operativos, contribuyendo también a un uso más sostenible de la energía.

El potencial de reducción de consumo de esta medida se estima en aproximadamente el 11% del consumo actual del uso de refrigeración en elementos autocontenidos<sup>8</sup>.

##### **Puertas en vitrinas de exhibición refrigeradas**

La medida de instalar puertas en las vitrinas refrigeradas, en lugar de dejarlas al aire, consiste en la incorporación de puertas en los armarios refrigerados de múltiples niveles con frente abierto como los que se pueden encontrar en establecimientos comerciales de tamaño mediano y grande. Esta innovación tiene el potencial de generar ahorros significativos de energía al mantener una barrera hermética entre el interior del armario y el entorno externo. Al cerrar las puertas, se evita la pérdida de frío, lo que reduce la necesidad de que los sistemas de refrigeración funcionen constantemente para mantener las temperaturas adecuadas. Este enfoque puede mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos asociados con la refrigeración de alimentos y productos en estos armarios refrigerados de exhibición.

Esta medida se propone para ser implementada en el sector comercial con un potencial de reducción de consumo alcanzable de aproximadamente el 25% del consumo actual del uso de refrigeración en elementos autocontenidos<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la experiencia de GreenYellow, y del Fricke & Becker (2010).

### **Sistemas de automatización y control en refrigeración**

Esta medida propuesta para establecimientos medianos y grandes en el sector comercial, consiste en la implementación de un sistema de control y medición de cada uno de los puntos de refrigeración para monitorear energía consumida, potencia utilizada, temperatura interna, temperatura externa para garantizar el monitoreo y proveer la información necesaria para la toma de decisiones para el ahorro energético. El potencial de reducción de consumo alcanzable de esta medida se estima en aproximadamente el 5% del consumo actual del uso de refrigeración<sup>11</sup>.

#### **4.3.3. Climatización**

##### **Vigas frías**

La medida de vigas frías, *chilled beams* en inglés, consiste en un sistema de climatización que utiliza vigas enfriadoras activas para lograr ahorros significativos en energía, mantenimiento y costos estructurales. En términos de ahorro de energía, este sistema elimina los costos de los ventiladores tradicionales de unidades de manejo de aire, reduce los costos de recalentamiento para deshumidificación y disminuye los costos operativos de los enfriadores. En cuanto al ahorro en mantenimiento, elimina la necesidad de filtros, reduce la afectación a la vida útil de los motores de ventilador de la unidad de manejo de aire y utiliza menos componentes, lo que reduce los costos de mantenimiento y reparación. En términos de ahorro estructural, reduce el espacio entre pisos, el tamaño de los componentes y el área transversal de los conductos, así como el tamaño de la unidad de manejo de aire, lo que resulta en ahorros significativos en costos estructurales.

El potencial de reducción de consumo de esta medida propuesta para todo el sector terciario en establecimientos nuevos, se estima en aproximadamente el 22% del consumo actual del uso de climatización<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Ahorro potencial estimado a partir de Humar, Hudomalj, Marinšek, Umberger (2022).

<sup>12</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información de Frenger Systems obtenida de <https://www.frenger.co.uk/latest-news/chilled-beam-energy-study.php>



### **Sistemas de aire acondicionado por evaporación con almacenamiento en estanques con hielo**

El almacenamiento de frío con cambio de fase implica el uso de sistemas de aire acondicionado por evaporación combinados con el almacenamiento de hielo en estanques. Este enfoque es particularmente efectivo en climas cálido-seco y templado, donde la refrigeración es esencial para mantener temperaturas confortables en edificaciones y procesos industriales. El sistema funciona mediante la generación de hielo durante las horas de menor demanda de energía y la liberación de frío durante las horas pico, reduciendo así la carga en los sistemas de aire acondicionado y ahorrando energía. Los sistemas de evaporación también utilizan agua como refrigerante, lo que es más sostenible y eficiente en términos energéticos en comparación con refrigerantes tradicionales. La eficiencia energética de esta medida puede variar según las condiciones climáticas; en climas más cálidos y secos, la evaporación directa podría ser más efectiva, mientras que, en climas húmedos, la evaporación indirecta podría ser preferible.

El potencial de reducción de consumo alcanzable de esta medida propuesta para los establecimientos nuevos del sector terciario en climas cálidos y templado, se estima en aproximadamente el 15% del consumo actual del uso de climatización<sup>13</sup>.

### **Sistemas centralizados de distritos térmicos y sustitución de combustibles en el acondicionamiento de espacios**

La implementación de sistemas centralizados de distritos térmicos implica la creación de redes de calefacción y refrigeración centralizadas que suministran energía térmica a múltiples edificios o instalaciones. Estos sistemas utilizan fuentes de energía más eficientes y sostenibles, como la cogeneración, biomasa, geotermia o calor residual, en lugar de combustibles fósiles.

La sustitución de combustibles en el acondicionamiento de espacios se refiere a la transición de sistemas de calefacción y refrigeración que utilizan combustibles fósiles a sistemas eléctricos más eficientes, como bombas de calor o sistemas de aire acondicionado eficientes. Esta medida tiene como objetivo reducir significativamente la dependencia de combustibles fósiles en

---

<sup>13</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/50342/1/D-109669%20-%20Alvarado-%20Alulima.pdf>

la calefacción y refrigeración, lo que conlleva una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero y un ahorro sustancial de energía.

El potencial de reducción de consumo de esta medida propuesta para todo el sector terciario en establecimientos nuevos se estima en aproximadamente el 30% del consumo actual del uso de climatización<sup>14</sup>.

### **Intercambiadores de calor para sistemas de HVAC y recuperación de calor en sistemas de aire acondicionado**

El aprovechamiento de agua caliente y la recuperación del calor en sistemas de aire acondicionado mediante intercambiadores de calor, específicamente intercambiadores de placa, lo cual permite mejorar la eficiencia energética y reducir costos operativos de manera efectiva en entornos como hospitales y hoteles, principalmente aquellos que tengan una carga significativa en calentamiento de agua y climatización. Estas medidas implican la captura y reutilización del calor residual generado por los sistemas de aire acondicionado con bombas de calor; el calor capturado se utiliza para calentar agua, proporcionar calefacción o cualquier otro propósito que requiera calor en la instalación. Esto reduce la dependencia de otras fuentes de energía, como el gas natural, y mejora la eficiencia de los sistemas de climatización.

El potencial de reducción de consumo alcanzable de esta medida se estima en aproximadamente el 10% del consumo actual del uso de climatización<sup>15</sup>.

### **Sistemas de climatización por evaporación**

La climatización por evaporación es un sistema de enfriamiento que utiliza agua para reducir la temperatura en espacios interiores. Este método de enfriamiento es especialmente eficiente en climas secos y cálidos, ya que aprovecha la evaporación del agua para enfriar el aire circulante. La implementación de sistemas de climatización por evaporación implica la instalación de equipos de enfriamiento evaporativo que proporcionan aire fresco y cómodo a un costo energético reducido en comparación con sistemas de aire acondicionado convencionales.

---

<sup>14</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia (2019).

<sup>15</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de <https://energy5.com/es/desentra%C3%B1ando-los-secreto-de-los-intercambiadores-de-calor-aire-aire-para-una-recuperaci%C3%B3n-%C3%B3ptima-de-energ%C3%ADa>

El potencial de reducción de consumo alcanzable de esta medida propuesta para establecimientos comerciales grandes, como centros comerciales, se estima en aproximadamente el 20% del consumo actual del uso de climatización<sup>16</sup>.

### **Sistemas de autogeneración con Chiller de absorción**

Los sistemas de autogeneración con Chiller de absorción son sistemas de refrigeración que utilizan calor residual o fuentes de calor de bajo costo para generar energía de enfriamiento. En el contexto de centros comerciales nuevos, estos sistemas pueden ser altamente eficientes para satisfacer las necesidades de refrigeración. La implementación de sistemas de autogeneración con Chiller de absorción implica la instalación de equipos que aprovechan el calor residual de procesos industriales, energía solar, energía geotérmica u otras fuentes de calor para generar energía de enfriamiento, reduciendo así la dependencia de energía eléctrica y disminuyendo los costos operativos.

El potencial de reducción de consumo de esta medida propuesta para establecimientos nuevos de gran tamaño del sector terciario se estima en aproximadamente el 30% del consumo actual del uso de climatización<sup>17</sup>.

### **Sistemas de digitalización, submedición y control en sistemas de climatización**

La digitalización, submedición y control de los sistemas de climatización implican la implementación de tecnologías y sistemas inteligentes que permiten la supervisión, el monitoreo y el control eficiente de los sistemas de climatización en tiempo real. Esto incluye la instalación de sensores, sistemas de automatización, y software de gestión que permiten un funcionamiento más eficiente y una respuesta proactiva a las condiciones cambiantes.

Esta medida facilita la optimización del uso de la energía en sistemas de climatización, reduciendo así el consumo de energía y los costos operativos. El potencial de reducción de consumo de esta medida, propuesta para los

<sup>16</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de <https://energy5.com/es/sistemas-de-enfriamiento-evaporativo-una-solucion-para-almacenamiento-en-frio-con-eficiencia-energetica>

<sup>17</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de Serrano y Soto (2022).

establecimientos del sector terciario con aire acondicionado, se estima en aproximadamente el 20% del consumo actual del uso de climatización<sup>18</sup>.

### **Realización de auditorías energéticas y desarrollo de planes de ahorro de energía**

La gestión de energía implica la evaluación y optimización de la utilización de la energía en un establecimiento o edificación, la medida propuesta incluye dos componentes principales:

- **Auditoría Energética**: Consiste en una revisión exhaustiva de los sistemas de energía de un establecimiento o empresa para identificar áreas de ineficiencia y oportunidades de ahorro. Esto puede involucrar la revisión de sistemas de calefacción, iluminación, refrigeración, maquinaria y más. Se realizan mediciones, se analizan datos y se identifican medidas de mejora.
- **Plan de Ahorro de Energía**: Una vez que se ha realizado la auditoría, se desarrolla un plan que incluye una serie de medidas para mejorar la eficiencia energética. Estas medidas pueden abordar la optimización de equipos, la implementación de tecnologías más eficientes, la gestión de la demanda y la modificación de prácticas operativas. El plan también incluye un calendario de implementación y una estimación de los ahorros esperados.

El potencial de reducción de consumo alcanzable de esta medida, propuesta para los establecimientos del sector terciario, se estima en aproximadamente el 8% del consumo actual del uso de climatización de los establecimientos con equipos de aire acondicionado<sup>19</sup>.

### **Refrigeración como servicio**

Esta medida consiste en implementar un modelo de refrigeración como servicio (Cooling as a Service en inglés), que consiste en que las empresas puedan acceder a soluciones de refrigeración como un servicio gestionado que incluye desde la instalación y mantenimiento de los equipos hasta el costo de la energía, en lugar de adquirir y mantener sistemas de refrigeración por sí mismas. Este enfoque tiene el potencial de generar ahorros significativos de energía debido a varias razones: en primer lugar, los proveedores de servicios de refrigeración están altamente especializados en el mantenimiento y la operación eficiente de los sistemas, lo que garantiza un rendimiento óptimo; en segundo lugar, el modelo fomenta la inversión en

<sup>18</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de Barranco (2021).

<sup>19</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de Rodríguez (2016).



tecnologías de refrigeración más eficientes y sostenibles, lo que disminuye el consumo de energía. Además, al compartir los ahorros logrados mediante la mejora de la eficiencia con los clientes, se crea un incentivo adicional para mantener los sistemas de refrigeración en condiciones óptimas y reducir los costos operativos.

El potencial de reducción de consumo de energía de esta medida, propuesta para los establecimientos del sector terciario con equipos de aire acondicionado, se estima en aproximadamente el 18% del consumo actual del uso de climatización<sup>20</sup>.

#### **4.3.5. Calor directo**

##### **Sustitución de hornos de gas por hornos eléctricos con recirculación de aire y control programable**

La sustitución de hornos a gas por hornos eléctricos con sistemas de control y ventilación más eficientes es una medida que busca mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos en procesos de cocción o calentamiento. Los hornos eléctricos, en comparación con los de gas, ofrecen ventajas en términos de eficiencia energética y control de temperatura.

Además, al utilizar hornos eléctricos programables con recirculación de aire, se maximiza la eficiencia al garantizar que el calor se distribuye de manera uniforme en el horno, reduciendo así los tiempos de cocción y minimizando las pérdidas de calor. Esto contribuye a un menor consumo de energía y una mayor calidad del producto.

El potencial de reducción de consumo de energía de esta medida, propuesta para restaurantes y hoteles que cuenten con hornos de gas, se estima en aproximadamente el 30% del consumo actual del uso de calor directo por hornos a gas<sup>21</sup>.

##### **Sustitución de cocción con gas natural por estufas de inducción**

La sustitución de la cocción con gas natural por estufas de inducción en restaurantes y hoteles es una medida que busca mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos en la preparación de alimentos.

---

<sup>20</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de la Iniciativa Cooling As A Service en su página web <https://www.caas-initiative.org/>

<sup>21</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de <https://blog.europan.mx/maquinaria-para-panaderia-hornos-gas-hornos-electricos>

Las estufas de inducción son una tecnología de cocción eléctrica que utiliza campos magnéticos para calentar directamente los recipientes de cocción, en lugar de una llama abierta como en el caso del gas natural. Las estufas de inducción ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia energética y control de temperatura. Al utilizar estas estufas, se puede lograr un calentamiento más rápido, una distribución de calor más uniforme y un control preciso de la temperatura, lo que mejora la calidad de los alimentos cocinados y reduce el consumo de energía.

El potencial de reducción de consumo de energía de esta medida, propuesta para restaurantes y hoteles que cuentan con estufas a gas, se estima en aproximadamente el 30% del consumo actual del uso de calor directo por estufas a gas<sup>22</sup>.

#### **4.3.6. Fuerza motriz**

##### **Variadores de frecuencia para la automatización de equipos de fuerza motriz**

La automatización con variadores de frecuencia en equipos de fuerza motriz implica la implementación de sistemas que permiten controlar la velocidad y el rendimiento de motores eléctricos de una manera más eficiente y precisa. Los variadores de frecuencia ajustan la velocidad del motor según las necesidades específicas de carga, lo que reduce el consumo de energía y mejora la eficiencia de los equipos.

Esta medida es particularmente efectiva en aplicaciones que requieren variaciones de velocidad, como ventiladores, bombas y transportadores, ya que permite ajustar la potencia del motor de acuerdo con las condiciones operativas.

Para esta medida de renovación tecnológica propuesta para los establecimientos del sector terciario con uso de motores, se estima un potencial de reducción de consumo de energía de aproximadamente el 30% del consumo actual del uso de fuerza motriz<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de Tama (2013).

<sup>23</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de Pesántez (2012).



#### **4.3.6. Otras**

##### **Sistemas de automatización en equipos ofimáticos**

La automatización de equipos ofimáticos implica la implementación de sistemas y tecnologías que permiten la realización de tareas de oficina de manera más eficiente y automática. Esta medida puede abordar una serie de aspectos, incluyendo la automatización de procesos de impresión, escaneo, copiado, gestión de documentos, gestión de flujos de trabajo y más. La automatización de equipos ofimáticos tiene como objetivo reducir el tiempo y el esfuerzo manual dedicado a tareas de oficina, lo que conlleva un ahorro de tiempo y recursos.

Para esta medida de renovación tecnológica propuesta para los establecimientos del sector terciario con uso de equipos ofimáticos, se estima un potencial de reducción de consumo de energía de aproximadamente el 20% del consumo actual del uso de equipos ofimáticos<sup>24</sup>.

##### **Respuesta a la demanda**

La medida de respuesta a la demanda de energía implica la participación activa de consumidores y empresas para ajustar su consumo eléctrico durante períodos de alta demanda, contribuyendo así a la estabilidad de la red eléctrica. Funciona permitiendo que los participantes reduzcan o modifiquen estratégicamente su uso de energía, ya sea apagando equipos no esenciales o cambiando patrones de consumo, en respuesta a señales de la red o a través de programas preestablecidos.

Esta flexibilidad en el consumo de energía durante momentos críticos evita la necesidad de aumentar la generación eléctrica para satisfacer picos de demanda, optimizando la eficiencia del sistema. Al reducir la demanda en horas de alto costo energético, se generan ahorros significativos, y pueden incluso tener cubiertos los gastos relacionados con el equipo del programa. Este enfoque estratégico no solo mejora la resiliencia del sistema eléctrico, sino que también ofrece beneficios económicos sustanciales al contribuir a la gestión eficiente de la demanda y aliviar la presión sobre la infraestructura energética.

En el primer informe de esta consultoría, se había mencionado que en materia de programas de eficiencia energética, los mecanismos han estado

---

<sup>24</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de <https://www.processmaker.com/es/blog/implementing-an-office-automation-system/#>

orientados a respuestas a situaciones puntuales, principalmente relacionadas con el cargo por confiabilidad y riesgos de desabastecimiento, lo cual no responde a motivaciones en eficiencia energética ni al cumplimiento de temas ambientales, a pesar de que ya están identificados aspectos clave como la necesidades de tarifas horarias y la necesidad de la instalación de equipos de medición, las acciones han sido tímidas para formar consumidores más activos que efectivamente respondan a esquemas de respuesta de demanda efectivos como los que se expondrán en las referencias internacionales.

Dentro otro tipo de programas relacionados con la respuesta a la demanda el más reciente, fue el programa apagar paga que se implementó en el año 2016 y que consistió en un incentivo a la reducción de consumo, la medida estaba dirigida a usuarios residenciales, comerciales y sector oficial, a los que se les reconocían \$450/kWh por cada kilovatio ahorrado frente al consumo registrado en febrero de 2016, en caso que se generará un consumo adicional al del mes de referencia se cobraba la misma tarifa. Motivado por un momento crítico para el mercado por la presencia del fenómeno del niño (2015-2016).

Dentro de los resultados del programa se señala una reducción de la demanda entre el 2.5% y el 0.05% en los meses de marzo y abril respecto al mes de febrero de 2016, el anexo de la circular 008 de 2021 señala que a pesar de los resultados de la medida se identifica una tendencia a la baja de la efectividad de la medida con el tiempo de permanencia de esta.

Con esto como referente y de acuerdo con lo propuesto en el actual PAI PROURE, se propone mantener como medida en temas de respuesta de la demanda, el cumplimiento en la implementación de AMI como factor habilitador de la implementación y base para la aplicación de buenas prácticas y hábitos de consumo propuesta para todos los establecimientos del sector terciario, por lo que se estima un potencial de reducción de consumo de energía de aproximadamente el 10% del consumo actual de energía<sup>25</sup>.

### **Gestores energéticos municipales**

Esta medida, que consiste en crear un cargo de gestor energético municipal, permite la verificación del cumplimiento de los objetivos energéticos, el

---

<sup>25</sup> Ahorro potencial estimado a partir de la información obtenida de <https://www.accruent.com/resources/blog-posts/how-energy-demand-response-programs-reduce-consumption-lower-costs>

mantenimiento adecuado de las medidas implementadas, la supervisión del manejo de equipos y buenas prácticas, así como los ahorros generados por cada entidad. Estas ventajas contribuyen a la eficiencia energética, la reducción de costos operativos y el cumplimiento de estándares ambientales, lo que a su vez promueve un entorno sostenible y responsable en el ámbito municipal. Esto garantiza que se obtengan los resultados esperados de cada proyecto de eficiencia energética implementado.

El potencial de reducción de consumo de energía de esta medida, propuesta para las entidades del sector público, particularmente municipios, es del 20% del consumo actual de energía, que se deriva de los ahorros que garantiza a partir de la implementación de medidas de eficiencia energética. Sin embargo, este potencial de ahorro también se puede reconocer en cada uno de los usos de las entidades, con un aporte aproximado de 54,7% en aire acondicionado, 12,4% en iluminación, 12,3% en calor directo con energía eléctrica, 10,6% en fuerza motriz, y 10,1% en refrigeración.

## 5. Propuesta de ajuste a las metas del PAI PROURE

Considerando la implementación de las medidas propuestas en la sección anterior y las medidas ya establecidas en el PAI PROURE, se estiman los ajustes a las metas que se presentan en la siguiente tabla. En esta tabla se incluyen las líneas base correspondientes para una mayor comprensión de los ajustes a las metas.

**Tabla 9. Propuesta de ajustes a las metas del PAI PROURE 2022-2030**

Medida	Línea base PAI PROURE 2022-2030 (PJ)	Meta ahorro energético PAI PROURE 2022-2030 (PJ)	Línea base propuesta (PJ)	Propuesta meta ahorro energético (PJ)
AMI*	575,98	26,1	575,98	5,57
Calor Directo (energía eléctrica)	9,87	0,31	55,13	6,43
Calor Directo Gas natural**y GLP	220,38	3,96	220,38	58,75
Calor Indirecto	142,19	14,89	17,43	-
Fuerza Motriz	32,12	2,03	32,12	3,84
Iluminación	236,74	48,80	106,35	11,65
Refrigeración	46,10	3,31	46,10	17,17
Aire acondicionado	161,96	32,31	292,35	88,04
Construcción sostenible	195,04	33,40	195,04	44,75
Distritos térmicos***		0,76		2,35
Otros		-		10,67
<b>Total general</b>		<b>165,88</b>		<b>249,22</b>



\* AMI línea base sin oferta, únicamente considera demanda sector terciario \*\* En PROURE solo gas natural

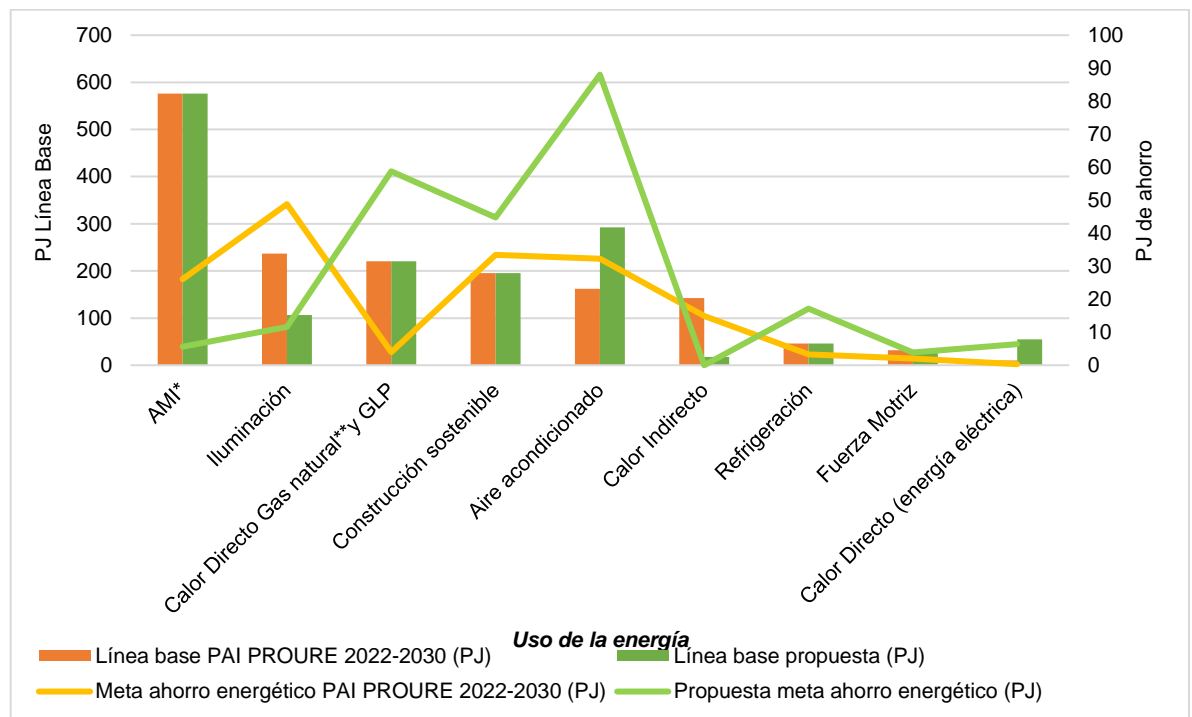
\*\*\*La línea base de distritos incluye usos en refrigeración y aire acondicionado

Fuente: Elaboración propia con base en los Anexos del PAI PROURE 2022-2030 y el análisis de los consultores.

Es importante considerar que, para llevar los potenciales teóricos de ahorro de cada medida a una meta de ahorro, se toma el porcentaje de ahorro y se aplica en la línea base correspondiente al uso de la energía que impacta, considerando también la proporción de establecimientos que se ambiciona implementen la medida.

De acuerdo con la estimación de las nuevas metas, los usos cuyas medidas de eficiencia energética tendrían una mayor participación en los ahorros de energía esperados, son el aire acondicionado (35,3%), el calor directo en gas natural y GLP (23,6%), la construcción sostenible (18%), refrigeración (6,9%) y la iluminación (4,7%). Con respecto a la participación de los energéticos en los ahorros esperados, el 71% corresponden a energía eléctrica, y el restante 29% a gas natural y GLP. En la siguiente gráfica se presentan visualmente los ajustes propuestos a las metas de ahorro.

**Figura 12. Comparación de metas de ahorro energético PAI PROURE y propuestas**



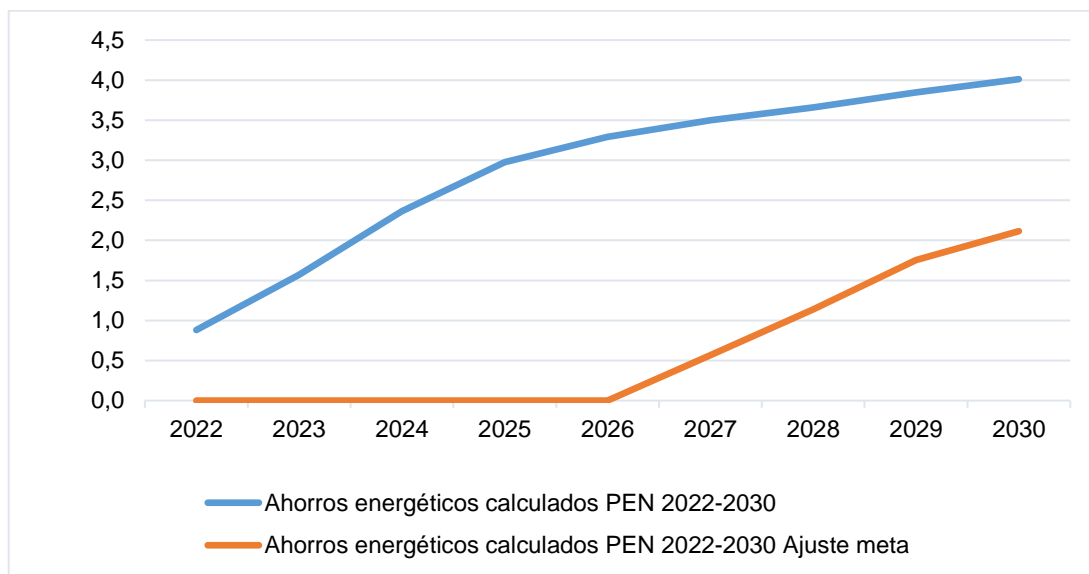
Fuente: Elaboración propia.

Se debe considerar que los ahorros estimados cambian por dos factores: la actualización o ajuste a la línea base propuesta en la sección 3, y/o la introducción de nuevas medidas propuestas en la sección 4.

A continuación, se describen los factores que llevan a la modificación de las metas de ahorro energético para cada uso:

- **AMI:** Esta medida corresponde a la implementación de medidores inteligentes, ya contemplada en el PAI-PROURE 2022-2030, sin embargo, como se expuso en el primer informe de esta consultoría, la última actuación jurídica (sentencia C 186 de 2022 declaró INEXEQUIBLE el inciso segundo del artículo 56 de la Ley 2099 de 2021) implica nuevas actuaciones regulatorias, por lo que las metas de cumplimiento en la implementación de AMI se han ralentizado y esto se traduce en un aplazamiento de las metas esperadas de ahorros, con lo que se propuso un desplazamiento de los ahorros evaluados para PROURE, asumiendo que entran en el año 2027. De esta manera, en comparación con las metas propuestas de 26,10 PJ de ahorro se tendría un ahorro acumulado 5,57 PJ de ahorro, en ambos casos, valor acumulado entre los años 2022-2030.

**Figura 13. Comparación de metas de ahorros energéticos agregadas**



Fuente: Elaboración propia.

- **Calor Directo (energía eléctrica):** Para usos de calor directo con energía eléctrica la meta vigente en el PAI PROURE 2022-2030, propone un ahorro de 0,31PJ, frente a esto, una vez ajustada la línea

base y la implementación de las medidas propuestas en el desarrollo de la consultoría, este potencial de ahorro ascendería a 6,43PJ de ahorros, de estos 4,39PJ corresponden a las nuevas medidas y los restantes 2,04PJ como resultado de la recomposición de la línea base.

- Calor Directo Gas natural y GLP: Para este tipo de uso se revisaron las medidas vigentes y su pertinencia frente a los cambios identificados en la línea base, de esto el equipo propone reevaluar la pertinencia de:
  1. Optimización de quemadores
  2. Aislamientos Térmicos Internos y Externos
  3. Control de fugas
  4. Recuperación de Calor
  5. Precalentamiento del Aire de combustión

De acuerdo con la información de la caracterización, los equipos en uso del sector y la disponibilidad tecnológica estas medidas están más asociadas a equipos del sector industrial (2-5). En cuanto a la medida de optimización de quemadores, que principalmente podría estar orientada a la sustitución de los quemadores actuales hacia quemadores cerámicos, no se encuentra en el país un potencial desarrollo, por lo que se plantea fortalecer una la medida de optimización de la combustión ya propuesta también en el PAI-PROURE, medida que está dirigida a ajustes en las estufas de gas (gas natural y GLP) y que consiste en un ajuste mínimo en las estufas y representa hasta un 50% de ahorro en el consumo. Esto podría considerarse un ajuste en la ambición de una medida ya propuesta en el PROURE. Lo que, sumado a las medidas propuestas, ya mencionadas y las cuales, vale la pena mencionar, incluyen medidas de sustitución de gas por energía eléctrica, sumada a la implementación de intercambiadores de calor para sistemas de HVAC y recuperación de calor en sistemas de aire acondicionado, permiten una nueva meta de 58,75PJ de ahorros frente a la meta establecida de 3,96 PJ.

- Calor Indirecto: Este es uso con mayores cambios frente a las metas propuestas, gracias a lo identificado en la caracterización y que implicó los cambios propuestos en la línea base, dado que los consumos en este uso pasan a ser marginales, no se consideran medidas y esto representa una reducción de la meta inicial de 14,89 a cero.

- Fuerza Motriz: En usos de fuerza motriz, se revisan las medidas propuestas por el PAI PROURE, todas ellas siguen siendo pertinentes y con potenciales de ahorro adecuados, con excepción de la ambición propuesta para la medida: "Instalación de variadores de frecuencia en equipos de fuerza (escaleras, rampas y bombas de agua)" en donde se propone un aumento en el potencial de ahorro que pasa del 7% al 30%, además, como en los demás usos se propone como medida el gestor municipal, esto, sumado al reajuste de la composición de la línea base, implica un cambio de la meta que pasa de 2,03PJ a 3,84PJ de ahorros.
- Iluminación: Los cambios en la meta para iluminación, obedecen principalmente a lo ya expuesto en los ajustes de la línea base. Con única medida vigente en este uso se tiene el cambio de diferentes tecnologías a LED, que tiene unos ahorros asociados de 48,8PJ, estos pasarían a tan solo 0,91PJ de ahorros, a esto se suman los ahorros de las nuevas medidas propuestas, lo que permite alcanzar un ahorro de 11,65PJ de ahorro, como nueva meta.
- Refrigeración: En refrigeración la meta vigente es de 3,31PJ de ahorros, en este uso se mantiene las medidas vigentes que plantean la incorporación del escenario "DEREE" el cual incorpora medidas de eficiencia energética y reconversión tecnológica (bajo GWP) y cambio en sistemas autocontenidos por sistemas centralizados, en los términos establecidos por la UPME, adicionando las nuevas medidas, lo que permite plantear una nueva meta de 17,17PJ.
- Aire acondicionado: Otro de los grandes cambios es lo concerniente a aire acondicionado, en primera medida por el ajuste en la línea base y porque es el uso en el que se identifican mayores oportunidades de transformación con siete nuevas medidas propuestas adicionales a las medidas vigentes, lo que implica que la meta pasa de 32,31PJ a 88,04PJ de ahorros.
- Otros usos: El caso de otros usos, en el PAI PROURE 2022-2023 vigente no se contemplan medidas por lo que no se tiene meta de ahorro, con las nuevas medidas propuestas se lograrían metas de 10,67PJ de ahorro.
- Construcción sostenible: En el caso de construcción sostenible se tienen como referente 33,4PJ de ahorro, una vez revisados los



potenciales de ahorro y como resultado de ajustes de la línea base se obtiene una nueva meta de ahorro de 44,75PJ.

- Distritos térmicos: En el caso de distritos térmicos el PAI PROURE 2022-2030 se plantea la implementación de seis distritos térmicos que permitirían alcanzar una meta de ahorros de 0,76PJ, como se expuso antes se tiene una expectativa de la entrada de 20 distritos térmicos que implicarían una nueva meta de 2,35PJ.

## 6. Análisis costo beneficio de las medidas propuestas y actualizadas

Considerando las medidas y estrategias de eficiencia energética propuestas en la sección 4, se presenta en esta sección un análisis beneficio costo para identificar el impacto que estas medidas en conjunto podrían tener en los usuarios, la sociedad, y el sistema energético. Para este fin, se hace uso de la metodología que ha trabajado hasta el momento la UPME en la evaluación de medidas para herramientas como el PAI PROURE y el PEN vigentes. Esta metodología se deriva de la propuesta del “*National Standard Practice Manual for Assessing Cost-Effectiveness of Energy Efficiency Resources - NSPM-*”, que permite hacer una evaluación de políticas o medidas desde el punto de vista del regulador y permite tener una aproximación a la rentabilidad de los recursos de eficiencia con respecto a los objetivos de política, identificando también el dinero de los usuarios de servicios públicos que debe ser invertido para lograr las reducciones esperadas en el consumo de energía.

La metodología considerada calcula la relación beneficio/costo partiendo del valor presente de los costos y beneficios, previamente identificados y estimados, para la perspectiva de los diferentes actores que intervienen o son objeto de una política, que en este caso son los usuarios, la sociedad y el sistema energético. Asimismo, es importante considerar que la evaluación económica se realiza en términos incrementales, por lo que cada valor se estima con respecto a un escenario tendencial, por ejemplo, si se sustituye un equipo, se considera la diferencia entre los costos de la nueva tecnología y la anterior.

En todos los casos, es importante considerar que el indicador beneficio/costo permite tener una aproximación a la rentabilidad que una medida puede tener, de acuerdo con la perspectiva del actor que se analice, dado que presenta qué tan mayores son los beneficios con respecto a los costos que implica obtenerlos. Así, si el indicador es mayor a 1, se puede inferir que los





beneficios de implementar una medida son mayores a los costos de su implementación.

A partir de estos aspectos, como se puede detallar en el anexo 2, se ha estimado la relación beneficio costo para las nuevas medidas de eficiencia energética propuestas para el sector terciario. Aunque caso de cada uso tiene sus particularidades en cuanto a los supuestos utilizados, se presentan en la siguiente tabla los valores que fueron determinados para el análisis costo beneficio del común de las medidas.

**Tabla 10. Parámetros económicos definidos para el análisis beneficio costo**

Variable	Valor
Tarifa de energía eléctrica (\$/kWh) comercial	\$ 526,66
Tarifa de energía eléctrica (\$/kWh) público	\$ 477,26
Porcentaje de la tarifa depende del volumen de ventas (%G+%C)	45,6%
Porcentaje del cargo de distribución D en el CU	34,8%
Porcentaje de pérdidas sobre el CU	9,7%
Valor del cargo por confiabilidad	\$77,23
Promedio del precio de bolsa en los últimos 3 años	\$205,70
Tasa de descuento empresas	11,36%
Tasa de financiación usuario	26,31%
Tasa de descuento usuario	13,44%
Tasa de descuento social	9,00%
Valor de las emisiones evitadas (\$/TonCO <sub>2</sub> )	\$20.500,00
Costos de reconexión por falta de pago	\$220.203,60
% del D que hay que pagar por compensaciones	14%
FE TonCO <sub>2</sub> Eq/GWh	126
Porcentaje de recuperación en costos de materiales	5%
Percepción de contribución al medio ambiente	5%
Contribución FSSRI	20%
TRM	4.810
Mejora en competitividad	3%
Recaudo FAZNI y Ley 99	3,71%

Fuente: Elaboración propia con base en la herramienta de cálculo beneficio costo.

A continuación, se presentan los principales supuestos y resultados obtenidos para cada medida.

### 6.1.1. Iluminación

Como se presentó en la sección 4, las medidas propuestas para este uso, son:

1. Sistemas de iluminación y control DLCS
2. Dimerización de iluminación y reemplazo por LED 120 lum/W
3. Telegestión y control centralizado en sistemas de alumbrado público



Además de estas tres medidas, se considera en el análisis beneficio costo el aporte que puede tener el gestor energético municipal a los ahorros, y la medida ya existente en el PAI PROURE de sustitución de luminarias incandescentes, halógenas, fluorescentes y vapor de sodio, haluro metálico, LFC y vapor mercurio a tecnología LED.

Con la implementación de estas medidas, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 11,65 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 407.648,5 TonCO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

### Usuario

**Tabla 11. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de iluminación**

COSTOS (Millones de COP)			BENEFICIOS (Millones de COP)		
<b>VPN inversión en la medida</b>	\$ 14.827.087	Se toman los precios de mercado de las luminarias analizadas.	<b>VPN ahorrado en la factura de energía por menor consumo</b>	\$ 1.109.872	VPN del ahorro en energía por menor consumo
<b>VPN del costo de financiamiento</b>	\$ 3.901.007	Se supone que se financia el 100% de la inversión en la medida	<b>VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio</b>	\$ 35.585	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión, en los establecimientos que implementan la medida
<b>VPN del costo de disposición final de equipos sustituidos</b>	\$ 148.270	Se supone 1% sobre el valor de la inversión en las luminarias	<b>VPN de las mejoras en calidad de vida y percepción de contribución ambiental</b>	\$ 741.354	Se asume un valor del 5% de la inversión
<b>Total costos</b>	<b>\$ 18.876.364</b>		<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.886.811</b>	

Fuente: Elaboración propia.

### Sistema eléctrico

**Tabla 12. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de iluminación**

COSTOS (Millones de COP)
--------------------------



VPN de la reducción de ingresos empresas por el ahorro de energía		\$ 421.240
Total costos		\$ 421.240
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas	\$ 97.630,38	Se valoran las menores pérdidas con lo que se reconoce en la tarifa por este concepto
VPN esperado por las menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 45.043,29	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 1.418.343,57	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 137.947,38	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas	\$ 55.493,61	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
Total beneficios	\$ 1.754.458	

Fuente: Elaboración propia.

Sociedad**Tabla 13. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de iluminación**

COSTOS (Millones de COP)			BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN del costo de disposición final	\$ 176.798	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión de los nuevos medidores	VPN de las emisiones evitadas	\$ 5.508,9	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
VPN de las pérdidas de ingresos en la comercialización de luminarias antiguas	\$ 214.152	Se totaliza el valor de la inversión que no se realiza por el cambio a LED	VPN de las mejoras en competitividad del comercio por menores costos asociados a la energía	\$ 39.766,5	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 3% de la reducción en la factura eléctrica.
VPN menores contribuciones al FSSRI	\$ 220.925	Porcentaje de contribución sobre tarifa por energía ahorrada (no incluye pérdidas)	VPN de los ingresos a los comercializadores de luminarias LED	\$ 1.767.984,8	Se totaliza el valor de la inversión por el cambio a LED
VPN FAZNI y Ley 99	\$ 16.298				

<b>Total costos</b>	<b>\$ 628.173</b>		<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.813.260,2</b>	
---------------------	-------------------	--	-------------------------	-----------------------	--

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$19.925.776,6, y el total de los beneficios estimados es de \$5.454.529,5. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.

**Tabla 14. Resultados Beneficio/Costo Iluminación**

<b>Medidas</b>	<b>B/C Usuario</b>	<b>B/C Sistema</b>	<b>B/C Social</b>	<b>B/C Total</b>
<b>Iluminación</b>	<b>0,10</b>	<b>4,16</b>	<b>2,89</b>	<b>0,27</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para iluminación son costo beneficiosas para el sistema energético y para la sociedad, aunque para los usuarios y en general, no lo son.

### **6.1.2. Refrigeración**

Como se presentó en la sección 4, las medidas propuestas para este uso, son:

1. Cambio de sistemas autocontenidos por sistemas centralizados
2. Instalación de puertas de exhibición de productos refrigerados
3. Sistemas de automatización y control en refrigeración

Además de estas tres medidas, se considera en el análisis beneficio costo el aporte que pueden tener el gestor energético municipal y la gestión integral de la energía en los ahorros, y la medida ya existente en el PAI PROURE sobre los nuevos equipos y sistemas de refrigeración comercial que serían instalados en las tiendas.

Con la implementación de estas medidas, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 17,2 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 600.969,5 Ton CO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

Usuario**Tabla 15. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de refrigeración**

COSTOS (Millones de COP)			BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN inversión en la medida	\$ 498.767	Se calcula costo incremental de acuerdo con diferentes fuentes	VPN ahorrado en la factura de energía por menor consumo	\$ 1.419.609	VPN del ahorro en energía por menor consumo
VPN del costo de financiamiento	\$ 131.226	Se supone que se financia el 100% de la inversión en la medida	VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio	\$ 5.843	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión.
VPN del costo de mantenimiento equipos nuevos	\$ 7.217	Se supone 5% sobre el valor de la inversión en equipos	VPN de las mejoras en calidad de vida y percepción de contribución ambiental	\$ 24.938	Se asume un valor del 5% de la inversión
VPN del costo de disposición final de equipos sustituidos	\$ 1.443	Se supone 1% sobre el valor de la inversión en equipos	VPN del valor de salvamento de los equipos antiguos	\$ 1.443	Valor de salvamento de aquellos equipos que cuentan con significativa vida útil remanente y que pueden venderse en el mismo mercado colombiano o en otro,
<b>Total costos</b>	<b>\$ 638.653</b>		<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.451.834</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sistema eléctrico**Tabla 16. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de refrigeración**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de ingresos empresas por el ahorro de energía	\$ 598.309	Se asume que las únicas actividades afectadas en el recaudo por la reducción en el consumo son la generación y la comercialización, pues la transmisión y la distribución son ingresos regulados, por lo que las reducciones en consumo se reflejan en ajustes de los cargos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 598.309</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas	\$ 127.799	Se valoran las menores pérdidas con lo que se reconoce en la tarifa por este concepto



VPN esperado por las menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 63.977	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 1.832.275	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 193.238	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas	\$ 78.778	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 2.296.067</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Sociedad****Tabla 17. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de refrigeración**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN del costo de disposición final	\$ 1.824	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión en equipos
VPN menores contribuciones al FSSRI	\$ 297.012	Porcentaje de contribución sobre tarifa por energía ahorrada (no incluye pérdidas)
VPN menores ingresos en ventas de equipos de menores eficiencias	\$ 18.236	
VPN recaudo FAZNI y Ley 99	\$ 21.627	
<b>Total costos</b>	<b>\$ 338.698,34</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de las emisiones evitadas	\$ 7.310,11	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
VPN de las emisiones evitadas por recarga del refrigerante	\$ 31.155,31	
VPN de los costos evitados en salud	\$ 8.523,52	
VPN Costos eliminación de bancos	\$ 57.199,55	
VPN Recuperación materiales	\$ 9.118,15	Se asume que por cada equipo sustituido se recupera por reciclaje de materiales 5% del valor de un equipo nuevo
VPN Ventas nuevas tecnologías	\$ 18.236,31	Dado que esta medida corresponde a elementos y servicios que ofrece la economía local se asume que el 100% del valor de la inversión queda como mayores ingresos locales.
VPN mejoras en competitividad	\$ 53.462,12	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 5% de la reducción en la factura eléctrica.
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 185.005,08</b>	

Fuente: Elaboración propia.



A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$1.575.659,8, y el total de los beneficios estimados es de \$3.932.906,5. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.

**Tabla 18. Resultados Beneficio/Costo Refrigeración**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Refrigeración	2,27	3,84	0,55	2,50

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para refrigeración son costo beneficiosas para el usuario, el sistema energético y en general, aunque para la sociedad no lo son.

### 6.1.3. Climatización

Como se presentó en la sección 4, las medidas propuestas para este uso, son:

1. Vigas frías
2. Implementación de sistemas de aire acondicionado por evaporación con almacenamiento en estanques con hielo.
3. Implementación de distritos térmicos y sustitución de combustibles
4. Implementación de intercambiadores de calor para sistemas de HVAC y recuperación de calor en sistemas de aire acondicionado.
5. Implementación de sistemas de autogeneración con Chiller de absorción- Distritos térmicos intramurales
6. Implementación de sistemas de digitalización, submedición y control en sistemas de climatización.
7. Refrigeración como servicio (Cooling as a Service)

Además de estas medidas, se considera en el análisis beneficio costo el aporte que pueden tener el gestor energético municipal y la gestión integral de la energía en los ahorros, y la medida ya existente en el PAI PROURE sobre drop-in para un sistema de refrigeración comercial a un refrigerante con un pcg menor a 1400, y control y ajuste subenfriamiento en el evaporador para sistemas de refrigeración comercial.

Con la implementación de estas medidas, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 88 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 3.081.341,7 TonCO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

Usuario**Tabla 19. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de climatización**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN inversión en la medida	\$ 3.088.820	Se calcula costo incremental de acuerdo con diferentes fuentes
VPN del costo de financiamiento	\$ 812.668	Se supone que se financia el 100% de la inversión en la medida
VPN del costo de mantenimiento equipos nuevos	\$ 112.904	Se supone 5% sobre el valor de la inversión en equipos
VPN del costo de disposición final de equipos sustituidos	\$ 22.581	Se supone 1% sobre el valor de la inversión en equipos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 4.036.973</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN ahorrado en la factura de energía por menor consumo	\$ 7.105.204	VPN del ahorro en energía por menor consumo
VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio	\$ 2.771	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión.
VPN de las mejoras en calidad de vida y percepción de contribución ambiental	\$ 154.441	Se asume un valor del 5% de la inversión
VPN del valor de salvamento de los equipos antiguos	\$ 22.581	Valor de salvamento de aquellos equipos que cuentan con significativa vida útil remanente y que pueden venderse en el mismo mercado colombiano o en otro
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 7.284.997</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sistema eléctrico**Tabla 20. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de climatización**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de ingresos empresas por el ahorro de energía	\$ 3.007.359	Se asume que las únicas actividades afectadas en el recaudo por la reducción en el consumo son la generación y la comercialización, pues la transmisión y la distribución son ingresos regulados, por lo que las reducciones en consumo se reflejan en ajustes de los cargos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 3.007.359</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas	\$ 642.372	Se valoran las menores pérdidas con lo que se reconoce en la tarifa por este concepto
VPN esperado por los menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 321.578	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución

VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 9.197.761	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 970.027	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas	\$ 395.971	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 11.527.708</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sociedad**Tabla 21. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de climatización**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN del costo de disposición final	\$ 28.300	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión en equipos
VPN menores contribuciones al FSSRI	\$ 1.499.957	Porcentaje de contribución sobre tarifa por energía ahorrada (no incluye pérdidas)
VPN menores ingresos en ventas de equipos de menores eficiencias	\$ 283.004	
VPN recaudo FAZNI y Ley 99	\$ 109.075	
<b>Total costos</b>	<b>\$ 1.920.336,6</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de las emisiones evitadas	\$ 36.869	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
VPN de las emisiones evitadas por recarga del refrigerante	\$ 364.513	
VPN de los costos evitados en salud	\$ 8.524	
VPN Costos eliminación de bancos	\$ 669.227	
VPN Recuperación materiales	\$ 141.502	Se asume que por cada equipo sustituido se recupera por reciclaje de materiales 5% del valor de un equipo nuevo
VPN Ventas nuevas tecnologías	\$ 283.004	Dado que esta medida corresponde a elementos y servicios que ofrece la economía local se asume que el 100% del valor de la inversión queda como mayores ingresos locales.
VPN mejoras en competitividad	\$ 269.992	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 5% de la reducción en la factura eléctrica.
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.773.631,1</b>	

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$8.964.668,8, y el total de los beneficios estimados es de \$20.586.336,5. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.



**Tabla 22. Resultados Beneficio/Costo Climatización**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Climatización	1,80	3,83	0,92	2,30

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para climatización son costo beneficiosas para el usuario, el sistema energético y en general, aunque no para la sociedad.

#### 6.1.4. Calor directo por sustitución

Como se presentó en la sección 4, las medidas propuestas para este uso en el caso del gas natural y GLP, se refieren a:

- 1) Sustitución de hornos de gas por hornos eléctricos con recirculación de aire y control programable.
- 2) Sustitución de cocción de gas por estufas de inducción.

Además de esta medida, se considera en el análisis beneficio costo el aporte que pueden tener el gestor energético municipal y la medida ya existente en el PAI PROURE sobre sustitución de procesos de calor directo de GN y GLP a energía eléctrica.

Con la implementación de estas medidas, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 73,6 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 2.900.123,4 TonCO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

#### Usuario

**Tabla 23. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de calor directo por sustitución**

COSTOS (Millones de COP)		BENEFICIOS (Millones de COP)	
Inversión total medidas calor directo	\$ 2.510.436	Percepción de contribución ambiental	\$ 125.522
Costo de financiación	\$ 660.496	Valor de salvamento del equipo sustituido	\$ 502.087
Costo de mantenimiento	\$ 125.522		
Costo de disposición final	\$ 25.104		
Incremento valor de energéticos	\$ 761.668		
Efectos costos esperados de reconexión	\$ 2.338		



<b>Total costos</b>	<b>\$ 4.085.564</b>	<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 627.609</b>
---------------------	---------------------	-------------------------	-------------------

Fuente: Elaboración propia.

**Sistema eléctrico****Tabla 24. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de calor directo por sustitución**

COSTOS (Millones de COP)		BENEFICIOS (Millones de COP)	
Reducción de ingresos empresas por menores consumos en todos los energéticos	\$ 257.357	Reducción de costos en pérdidas	\$ 156.283
Mayores costos por compensación de interrupciones	\$ 136.086	Costos evitados en aumentos de capacidad en gas	\$ 872.220
Efectos en el precio de bolsa	\$ 3.883.229	Mejora financiera de la empresas por menor cartera	\$ 96.336
Reducción de costos en pérdidas	\$ 271.841	Menores costos por compensación de interrupciones	\$ 5.588
Costos en aumentos de capacidad	\$ 409.538		
Aumento en costo financiero de la empresas por mayor cartera	\$ 167.568		
<b>Total costos</b>	<b>\$ 5.125.618</b>	<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.130.428</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Sociedad****Tabla 25. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de calor directo por sustitución**

COSTOS (Millones de COP)		BENEFICIOS (Millones de COP)	
Costo de disposición final	\$ 31.558	Recuperación materiales	\$ 157.788
Pérdidas en el mantenimiento de equipos antiguos	\$ 31.558	Mejora en competitividad	\$ 28.995
Pérdidas en el ingreso de comercialización de equipos sustituidos	\$ 315.577	Ventas nacionales en nuevas tecnologías	\$ 315.577
Recaudo FECF	\$ 15.341	Recaudo FAZNI y Ley 99	\$ 46.095
		Menor ingreso de contribuciones usuarios comerciales	\$ 274.830
		Reducción de emisiones por consumo	\$ 35.235
<b>Total costos</b>	<b>\$ 394.034</b>	<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 858.521,15</b>

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$9.605.216,1, y el total de los beneficios estimados es de \$2.616.558,1. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.



**Tabla 26. Resultados Beneficio/Costo Calor Directo eléctrico**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Calor directo GN y GLP	0,15	0,22	2,18	<b>0,27</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para calor directo en gas natural o GLP son costo beneficiosas para la sociedad, aunque para el usuario, el sistema energético y en general no lo son.

### 6.1.5. Calor directo eléctrico

Para este uso en energía eléctrica no se proponen medidas nuevas, sin embargo, se considera en el análisis beneficio costo el aporte que pueden tener el gestor energético municipal y las medidas ya existente en el PAI PROURE sobre aislamiento de equipos con resistencia eléctrica de calefacción, y mantenimiento y reposición de aislamientos.

Con la implementación de estas medidas, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 1,07 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 450.100 TonCO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

#### Usuario

**Tabla 27. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de calor directo eléctrico**

COSTOS (Millones de COP)		BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN inversión en la medida	\$ 50.655	VPN ahorrado en la factura de energía por menor consumo	\$ 505.199	VPN del ahorro en energía por menor consumo
VPN del costo de financiamiento	\$ 13.327	VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio	\$ 6.658	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión
		VPN percepción de contribución ambiental	\$ 2.533	Se asume un valor del 5% de la inversión
<b>Total costos</b>	<b>\$ 63.982</b>	<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 514.389</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sistema eléctrico**Tabla 28. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de calor directo eléctrico**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de ingresos empresas por el ahorro de energía		\$ 213.789
Total costos		\$ 213.789
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas	\$ 42.667	Se valoran las menores pérdidas con lo que se reconoce en la tarifa por este concepto
VPN esperado por las menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 21.360	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 672.582	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 63.657	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas	\$ 26.301	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
Total beneficios	\$ 826.568	

Fuente: Elaboración propia.

Sociedad**Tabla 29. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de calor directo eléctrico**

COSTOS (Millones de COP)		BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN menores contribuciones al FSSRI	\$ 106.608	VPN de las emisiones evitadas	\$ 4.644	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
VPN de menores servicios de mantenimiento	\$ 629	VPN de las mejoras en competitividad del comercio por menores costos asociados a la energía	\$ 19.189	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 3% de la reducción en la factura eléctrica.
VPN recaudo FAZNI y Ley 99	\$ 7.974	VPN ingresos por ventas de nuevos elementos	\$ 6.286	Dado que esta medida corresponde a elementos y servicios que ofrece la economía local se asume que el 100% del valor de la inversión queda como mayores ingresos locales.
Total costos	\$ 115.210	Total beneficios	\$ 30.120	

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$392.982,2, y el total de los beneficios estimados es de \$1.371.076,9. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.

**Tabla 30. Resultados Beneficio/Costo Calor Directo eléctrico**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Calor directo eléctrico	8,04	3,87	0,26	<b>3,49</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para calor directo eléctrico son costo beneficiosas para el usuario, el sistema energético y en general, aunque para la sociedad no lo son.

#### **6.1.6. Fuerza motriz**

Como se presentó en la sección 4, la medida propuesta para este uso es la instalación de variadores de frecuencia en equipos de fuerza. Además de estas dos medidas, se considera en el análisis beneficio costo el aporte que pueden tener el gestor energético municipal y la gestión integral de la energía en los ahorros, y las medidas ya existentes en el PAI PROURE con respecto a las buenas prácticas y mantenimiento de equipos, y la sustitución de motores por eficientes.

Con la implementación de estas medidas, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 3,84 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 134.293,8 TonCO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

#### Usuario

**Tabla 31. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de fuerza motriz**

COSTOS (Millones de COP)			BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN inversión en la medida	\$ 1.363.549	Se toma un valor de inversión por MWh ahorrado de acuerdo con diferentes estudios	VPN ahorrado en la factura de energía por menor consumo	\$ 315.777	VPN del ahorro en energía por menor consumo

		realizados por la UPME			
<b>VPN del costo de financiamiento</b>	\$ 358.750	Se supone que se financia el 100% de la inversión en la medida	<b>VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio</b>	\$ 1.308	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión.
<b>VPN del costo de mantenimiento equipos nuevos</b>	\$ 5.154	Se supone 5% sobre el valor de la inversión en equipos	<b>VPN percepción de contribución ambiental</b>	\$ 68.177	Se asume un valor del 5% de la inversión
<b>VPN del costo de disposición final de equipos sustituidos</b>	\$ 1.031	Se supone 1% sobre el valor de la inversión en equipos	<b>VPN del valor de salvamento de los equipos antiguos</b>	\$ 1.031	Valor de salvamento de aquellos equipos que cuentan con significativa vida útil remanente y que pueden venderse en el mismo mercado colombiano o en otro,
<b>Total costos</b>	<b>\$ 1.728.484</b>		<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 386.293</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sistema eléctrico**Tabla 32. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de fuerza motriz**

COSTOS (Millones de COP)		
<b>VPN de la reducción de ingresos empresas por el ahorro de energía</b>	\$ 133.161	Se asume que las únicas actividades afectadas en el recaudo por la reducción en el consumo son la generación y la comercialización, pues la transmisión y la distribución son ingresos regulados, por lo que las reducciones en consumo se reflejan en ajustes de los cargos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 133.161</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
<b>VPN de la reducción de costos en pérdidas</b>	\$ 28.443	Se valoran las menores pérdidas con lo que se reconoce en la tarifa por este concepto
<b>VPN esperado por las menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)</b>	\$ 14.239	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
<b>VPN esperado por efectos en el precio de bolsa</b>	\$ 408.454	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
<b>VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad</b>	\$ 43.077	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
<b>VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas</b>	\$ 17.533	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida



<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 511.746</b>
-------------------------	-------------------

Fuente: Elaboración propia.

**Sociedad****Tabla 33. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de fuerza motriz**

COSTOS (Millones de COP)			BENEFICIOS (Millones de COP)		
<b>VPN del costo de disposición final</b>	<b>\$ 1.324</b>	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión en equipos	<b>VPN de las emisiones evitadas</b>	<b>\$ 1.631</b>	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
<b>VPN de las pérdidas de ingresos en el mantenimiento de equipos antiguos</b>	<b>\$ 1.324</b>	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión de los nuevos equipos	<b>VPN de los ingresos asociados a la recuperación de materiales de equipos</b>	<b>\$ 6.618</b>	Se asume que por cada equipo sustituido se recupera por reciclaje de materiales 2% del valor de un equipo nuevo
<b>VPN de menores ingresos por comercialización de equipos a sustituir</b>	<b>\$ 13.235</b>		<b>VPN de las mejoras en competitividad del comercio por menores costos asociados a la energía</b>	<b>\$ 11.906</b>	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 5% de la reducción en la factura eléctrica.
<b>VPN menores ingresos de contribuciones usuarios comerciales</b>	<b>\$ 66.142</b>	Porcentaje de contribución sobre tarifa por energía ahorrada (no incluye pérdidas)	<b>VPN de los ingresos por venta de nuevos equipos</b>	<b>\$ 13.235</b>	Se supone que en la economía nacional queda un 16% del total de la inversión en nuevas tecnologías, ya que son en su mayoría equipos importados.
<b>VPN recaudo FAZNI y Ley 99</b>	<b>\$ 4.824</b>				
<b>Total costos</b>	<b>\$ 86.848</b>		<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 33.389</b>	

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$1.948.493,0, y el total de los beneficios estimados es de \$931.428,0. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.

**Tabla 34. Resultados Beneficio/Costo Fuerza Motriz**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Fuerza motriz	0,22	3,84	0,38	<b>0,48</b>

Fuente: Elaboración propia.



Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para fuerza motriz son costo beneficiosas para el sistema energético, aunque para los usuarios, la sociedad y en general, no lo son.

### 6.1.7. Construcción sostenible

Con respecto a la medida transversal de construcción sostenible existente como parte del PAI PROURE actual, como se pudo ver en la sección 4 no se propusieron nuevas medidas, sin embargo, fue necesario actualizar la línea base de consumos de energía de acuerdo con lo presentado en la sección 3. En este sentido, las medidas que conforman de esta categoría son:

- Orientación de la fachada principal del edificio
- Aislamiento de la cubierta
- Aislamiento en muros exteriores
- Valor U y SHGC en acristalamientos
- Densidad de potencia de iluminación
- Relación Ventana-Pared
- Sombreado horizontal de ventanas
- Ventilación natural
- Ventilación natural nocturna
- Control de iluminación mediante sensores fotoeléctricos

El análisis realizado permite identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 6,62 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 2.486.405,95 Ton CO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

#### Usuario

**Tabla 35. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de construcción sostenible**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN de la inversión en CS	\$ 68.422.762	Calculada de acuerdo con el porcentaje de costo incremental de metro cuadrado
VPN costo de financiación	\$ 7.622.296	
<b>Total costos</b>	<b>\$ 76.045.058</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de los costos energía el usuario (ahorro de energía)	\$ 3.356.811	VPN del ahorro en energía por la tarifa final

VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio	\$ 20.402	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión para los establecimientos que aplican la medida.
VPN Ahorros en mantenimiento AA	\$ 8.686.097	
VPN percepción contribución medio ambiente	\$ 3.015.813	
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 15.079.123</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sistema eléctrico**Tabla 36. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de construcción sostenible**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de ingresos empresas de energía eléctrica	\$ 1.764.808	Se asume que las únicas actividades afectadas en el recaudo por la reducción en el consumo son la generación y la comercialización, pues la transmisión y la distribución son ingresos regulados, por lo que las reducciones en consumo se reflejan en ajustes de los cargos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 1.764.808</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas	\$ 549.915	Menores costos en compra de energía por menores pérdidas
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 466.970	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 4.427.790	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas de energía eléctrica	\$ 227.276	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
VPN de los menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 1.273.934	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 6.945.884</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sociedad**Tabla 37. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de construcción sostenible**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN de menores ingresos en mantenimiento de AA	\$ 12.292.298	Se supone que los establecimientos de comercio grandes, tienen sistemas centralizados de AA, cuyo mantenimiento corresponde al 5% del valor del equipo (900Mill), en el caso de establecimientos de comercio pequeños se supone un mini-split por cada 35 m <sup>2</sup>

VPN menores ingresos constructores convencionales	\$ 4.267.886	Se asume el 5% en función de la inversión incremental
VPN menores contribuciones al FSSRI por menores consumos de comerciales	\$ 1.062.271	
VPN FAZNI y Ley 99	\$ 57.991	
<b>Total costos</b>	<b>\$ 17.680.445</b>	
<b>BENEFICIOS (Millones de COP)</b>		
VPN de las emisiones evitadas	\$ 17.983	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
VPN mejoras en competitividad	\$ 130.847	Se asume que el 1% ahorrado en energía se transfiere como menor costo en la comercialización de los productos o servicios
VPN por menor contaminación de gases de los AA	\$ 21.371.807	
VPN Reciclaje de materiales usados en la construcción	\$ 7.830.983	Reutilización de materiales, menores consumos de agua durante la construcción y vida útil de las edificaciones, mejores métodos de disposición de los residuos.
VPN Menor consumo de agua	\$ 3.915.492	
VPN mejoras urbanísticas	\$ 2.349.295	
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 35.616.407</b>	

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$95.490.310,8, y el total de los beneficios estimados es de \$57.641.414,5. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.

**Tabla 38. Resultados Beneficio/Costo Construcción sostenible**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Construcción sostenible	0,20	3,94	2,01	<b>0,60</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para construcción sostenible son costo beneficiosas para el sistema energético y la sociedad, aunque para los usuarios y en general, no lo son.

### 6.1.8. AMI

Considerando la medida de respuesta a la demanda planteada en la sección 4.3.6, se realizó el análisis beneficio costo de instalar 1.033.799 medidores inteligentes en el lapso de 9 años en el sector comercial. Con la implementación de esta medida, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 5,75 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 194.958,69 TonCO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de esta medida, se obtienen los siguientes datos.



Usuario**Tabla 39. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de AMI**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN del costo del medidor inteligente	\$ 97.190	Costo del equipo, incluyendo impuestos. usuarios no regulados quienes además de cumplir con los límites de consumo establecidos en la Resolución CREG 131 de 1998 están obligados a constituirse en fronteras comerciales para poder participar en el mercado competitivo y deben contar con un equipo de medición con capacidad de telemedida, para determinar la energía transada hora a hora, de acuerdo con los requisitos del Código de Medida (Resolución CREG 038 de 2014) y el Reglamento de Distribución: Industriales y comerciales de mediano y gran tamaño
VPN del costo de instalación del medidor	\$ 32.073	De acuerdo con la Circular CREG 010 de 2020, el costo de instalación se ubica entre el 33% y el 44% del valor del equipo instalado
VPN del costo de financiamiento	\$ 34.009	Se supone que se financia el 100% del costo del medidor y la instalación
VPN del costo por infraestructura necesaria para operar los medidores inteligentes	\$ 29.157	Se asume un valor del 30% de la inversión del medidor asociada a otros equipos necesarios para su operación, incluye concentrador de datos e inversiones en comunicación
VPN del costo de mantenimiento del medidor inteligente	\$ 972	Se supone 1% sobre el valor del medidor
VPN del costo de disposición final del medidor	\$ 972	Se supone 1% sobre el valor del medidor
<b>Total costos</b>	<b>\$ 194.373</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
<b>VPN de los ahorros de energía el usuario</b>	\$ 174.078	VPN del ahorro en energía por menor consumo
<b>VPN reducción en pérdidas percibida por el usuario</b>	\$ 37.468	Se supone que el usuario paga el 80% de las pérdidas
<b>VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio</b>	\$ 3.574	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión en los hogares que instalan los medidores.
<b>VPN Costo evitado en lectura para el usuario por instalación de AMI</b>	\$ 2.774	
<b>VPN Costo evitado en facturación para el usuario por instalación de AMI</b>	\$ 10	
<b>VPN mejoras en la competencia minorista</b>	\$ 186.236	
<b>VPN del valor de salvamento de los medidores antiguos</b>	\$ 763	Valor de salvamento de aquellos medidores que cuentan con significativa vida útil remanente y que pueden venderse en el mismo mercado colombiano o en otro, destacándose que el 25% del total de medidores al 2020 tiene menos de 7 años de instalados.
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 404.903</b>	

Fuente: Elaboración propia.



Sistema eléctrico**Tabla 40. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de AMI**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN Costo de implementación del Sistema de Información	\$ 1.944	De acuerdo con la Circular CREG 010 de 2020, Un estimativo razonable de la inversión inicial estaría entre 1% y 3% de las inversiones (Capex) y
VPN AOM del sistema de información	\$ 194	La operación anual podría ser una proporción similar del Opex del sistema de información
VPN Costo de campañas de información sobre AMI	\$ 4.860	Se asume que el costo asociado a las campañas de información y pedagogía es el 5% del costo del medidor
VPN de la reducción de ingresos empresas por el ahorro de energía	\$ 120.749	Se asume que las únicas actividades afectadas en el recaudo por la reducción en el consumo son la generación y la comercialización, pues la transmisión y la distribución son ingresos regulados, por lo que las reducciones en consumo se reflejan en ajustes de los cargos
VPN de la reducción de ingresos por el cargo por comercialización por mejoras en el costo de lecturas.	\$ 15.103	Se asume una reducción de 0,5 USD por usuario como menor costo de lectura para la empresa comercializadora, lo que se traduce en un menor ingreso
VPN de los costos asociados a las PQR, campañas de información al ciudadano sobre los nuevos medidores	\$ 7.739	Como resultado de la implementación de AMI hay reducción de PQR y costo asociado para el comercializador (Menor ingreso)
VPN Costo evitado de facturación	\$ 10	Menor costo por facturación (Menor ingreso)
<b>Total costos</b>	<b>\$ 150.599</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas técnicas	\$ 9.367	Se supone que los distribuidores pagan el 20% de las pérdidas
VPN de la reducción de costos en pérdidas no técnicas	\$ 409	Documento CREG 138-2010
VPN de reducción en D por energía recuperada	\$ 3	Tendría como beneficio la facturación del porcentaje de energía recuperada que en adelante seguirán consumiendo los usuarios detectados como fraudulentos (por ejemplo 60% de la energía recuperada gracias a AMI)
VPN esperado por las menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 9.223	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 368.438	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 38.857	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas	\$ 3.975	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
VPN menores costos de lectura de medidores	\$ 468	Se supuso que un 2% de los costos urbanos y un 5% de los costos rurales, no se eliminan con la presencia de AMI en la medida que se presentan contingencias y situaciones particulares en las cuales será necesario

		hacer visitas de lectura o verificación de manera presencial
<b>VPN menores costos de facturación</b>	\$ 10	Costo de atención al público por causas de facturación
<b>VPN Reducción en los costos de atención de PQR para el comercializador</b>	\$ 7.739	Con la implementación de AMI, puede haber una reducción del 22% al 50% del costo que asume el comercializador en la atención de las PQR.
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 438.489</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sociedad**Tabla 41. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de AMI**

COSTOS (Millones de COP)		
<b>VPN del costo de disposición final</b>	\$ 972	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión de los nuevos medidores
<b>VPN de las pérdidas de ingresos en la comercialización de medidores antiguos</b>	\$ 933	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión de los nuevos medidores
<b>VPN del impacto fiscal por el beneficio del IVA</b>	\$ 22.605	
<b>VPN menores contribuciones al FSSRI</b>	\$ 29.013	Porcentaje de contribución sobre tarifa por energía ahorrada (no incluye pérdidas)
<b>Total costos</b>	<b>\$ 53.522</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
<b>VPN de las emisiones evitadas</b>	\$ 1.299,6	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
<b>VPN de las emisiones evitadas asociadas al desplazamiento para la facturación</b>	\$ 38,9	CREG expone otro beneficio en emisiones: entre el 3 y el 25% al valor en pesos por tonelada CO2 calculado con el impuesto nacional del carbón. Se aplica principalmente a la reducción del uso de vehículos convencionales en labores operativas: reducción de la huella de carbono, en actividades del ciclo operativo y del comercial
<b>VPN de la nueva información disponible sobre el consumo de energía eléctrica</b>	\$ 238.516,4	Se supone un valor del 1% sobre el valor total de la energía del SIN por la participación del sector residencial, que se asume en 35%
<b>VPN de las mejoras en competitividad del comercio por menores costos asociados a la energía</b>	\$ 5.222,3	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 3% de la reducción en la factura eléctrica.
<b>VPN ventas equipos nuevas tecnologías</b>	\$ 9.636,8	Inversión en equipos, equipos importados por lo que solo queda el 10% en la economía nacional.
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 254.714,2</b>	

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$398.494,5, y el total de los beneficios estimados es de \$1.098.105,9. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.



**Tabla 42. Resultados Beneficio/Costo AMI**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Iluminación	2,08	2,91	4,76	2,76

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, la medida de AMI es costo beneficiosas para el usuario, el sistema energético, la sociedad, y en general.

### 6.1.8. Distritos térmicos

En cuanto a distritos térmicos, se ajusta la ambición planteada en el PSI PROURE vigente, asumiendo como medida la introducción de 6 distritos térmicos en 2024, 6 en 2027 y 8 en 2030. Con la implementación de esta medida, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para la implementación de distritos térmicos corresponden a 2,35 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 42.209,7 TonCO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de esta medida, se obtienen los siguientes datos.

#### Usuario

**Tabla 43. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de distritos térmicos**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN Pago anual por las inversiones del DT	\$ 552.440	Anualidad que reconoce las inversiones en el DT
VPN de los consumos	\$ 573.716	Pago que reconoce el consumo de frio del DT
<b>Total costos</b>	<b>\$ 1.126.157</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN del ahorro en compra de equipos de aire acondicionado	\$ 91.069	VPN de la inversión en aires acondicionados que se evitan por el distrito térmico
VPN ahorrado en la factura de energía por menor consumo	\$ 149.902	VPN del ahorro en energía por menor consumo en el caso de residencial (Estrato 4) Comercial con contribución. Dada la entrada de los ocho distritos térmicos finales en el 2030, el análisis no incluye los ahorros asociados a la implementación 2030 y si las inversiones
VPN ahorros en costos de mantenimiento	\$ 1.378	De acuerdo a UTO (Cali) no se prevé cambios en los equipos actuales, pero si se contemplan costos de mantenimiento
VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio	\$ 4	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión.

VPN de las mejoras en calidad de vida y percepción de contribución ambiental	\$ 27.622	Se asume un valor del 5% de la inversión
VPN del valor de salvamento de los equipos antiguos	\$ 2.756	Valor de salvamento de aquellos equipos que cuentan con significativa vida útil remanente y que pueden venderse en el mismo mercado colombiano o en otro
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 272.732</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sistema eléctrico**Tabla 44. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de distritos térmicos**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN inversión en central de enfriamiento	\$ 291.697	Costos de equipos y tubería secundarias desde el sistema de distribución hasta el cliente y la mano de obra de construcción.
VPN inversión sistema de distribución	\$ 892.356	Suministro y montaje de la tubería principal de distribución y retorno de agua, las bombas de distribución y la mano de obra para la construcción.
VPN inversión sistema de conexión	\$ 218.773	Costos de equipamiento, tubería secundaria, desde el sistema de distribución y mano de obra para la construcción
VPN del costo de financiamiento	\$ 258.358	Se supone que se financia el 70% de la inversión en la medida
VPN Costo de mantenimiento central de enfriamiento	\$ 8.751	Los costos de operación incluyen los costos anuales de mantenimiento de todo el equipamiento de la central, sistema de distribución y estaciones de transferencia (incluidos los costos de mantenimiento mayor), costos de utilities (agua, electricidad y gas natural en caso de cogeneración) y los costos de administración (seguro, personas de venta y administración).
VPN Costo de mantenimiento sistema de distribución	\$ 13.385	
VPN de la reducción de ingresos empresas por el menor consumo de energía de la red	\$ 168.607	Se asume que las únicas actividades afectadas en el recaudo por la reducción en el consumo son la generación y la comercialización, pues la transmisión y la distribución son ingresos regulados, por lo que las reducciones en consumo se reflejan en ajustes de los cargos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 1.851.927</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas	\$ 16.412	Se valoran las menores pérdidas con lo que se reconoce en la tarifa por este concepto
VPN esperado por las menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 8.216	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 184.391	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 21.982	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad

VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas	\$ 2.249	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
VPN de ingresos por la venta de servicios del distrito térmico	\$ 1.126.157	Corresponde a la suma de las tarifas que percibe por los usuarios por conexión, consumo y distribución
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.359.405</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sociedad

**Tabla 45. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de distritos térmicos**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN del costo de disposición final	\$ 7.133	
VPN de las pérdidas de ingresos de mantenimientos de equipos menos eficientes	\$ 5.879	Se supone 5% sobre el valor de la inversión de los equipos que no se compran
VPN menores contribuciones al FSSRI	\$ 38.705	Porcentaje de contribución sobre tarifa por energía ahorrada
VPN de las pérdidas de ingresos de ventas de aires acondicionados	\$ 117.571	
<b>Total costos</b>	<b>\$ 169.287</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de las emisiones evitadas	\$ 489	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
VPN emisiones evitadas en refrigerantes	\$ 1.774	Se suponen ahorros en carga de refrigerante anual por el mantenimiento de los sistemas de AA usados, H134a para residencial y comercios/oficinas pequeños y R404a grandes comercios (los que potencialmente implementarían sino se instala el DT)
VPN de las mejoras en competitividad del comercio por menores costos asociados a la energía	\$ 5.806	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 8% de la reducción en la factura eléctrica.
VPN Ventas nuevas tecnologías	\$ 317.030	Dado que esta medida corresponde a elementos y servicios que ofrece parcialmente la economía local se asume que el 20% del valor de la inversión queda como mayores ingresos locales.
VPN renovación urbana	\$ 23.777	Los DT son ejes de renovación urbana y proyectos bandera de planeación territorial. Se asume el 1.5% sobre el valor de la inversión en el DT
VPN menor contaminación visual y auditiva	\$ 47.554	Evalúa el potencial de contaminación visual y auditiva, relativo a la eliminación de equipos de refrigeración (equipos invasivos a la vista y/o ruidosos), y a la incorporación de un DT a la zona. Se asume el 3% de la inversión
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 396.429,8</b>	

Fuente: Elaboración propia.



A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$3.147.370,1, y el total de los beneficios estimados es de \$1.937.497,5. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.

**Tabla 46. Resultados Beneficio/Costo Distritos térmicos**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Iluminación	0,24	0,73	2,34	<b>0,62</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, los distritos térmicos son costo beneficiosos para la sociedad, aunque para los usuarios, el sistema energético, y en general, no lo son.

### 6.1.9. Equipos ofimáticos

Como se presentó en la sección 4, la medida propuesta para equipos ofimáticos es la implementación de sistemas de automatización en equipos ofimáticos. Además, se considera en el análisis beneficio costo el aporte que puede tener el gestor energético municipal a los ahorros.

Con la implementación de estas medidas, se pudo identificar que los ahorros en energía totales para el sector corresponden a 10,67 PJ, lo cual representa una reducción de aproximadamente 373.622,2 Ton CO<sub>2</sub>. Una vez cuantificados en términos económicos los costos y beneficios de la implementación de estas medidas, se obtienen los siguientes datos.

#### Usuario

**Tabla 47. Costos y beneficios de los usuarios al implementar medidas de equipos ofimáticos**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN inversión en la medida	\$ 3.218.043	Se toma un valor de inversión por MWh ahorrado de acuerdo con diferentes estudios realizados por la UPME
VPN del costo de financiamiento	\$ 846.667	Se supone que se financia el 100% de la inversión en la medida
VPN del costo de mantenimiento equipos nuevos	\$ 160.900	Se supone 5% sobre el valor de la inversión en equipos
VPN del costo de disposición final de equipos sustituidos	\$ 32.180	Se supone 1% sobre el valor de la inversión en equipos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 4.257.790</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		

VPN ahorrado en la factura de energía por menor consumo	\$ 855.456	VPN del ahorro en energía por menor consumo
VPN de los costos esperados evitados por mora, reconexión del servicio	\$ 8.239	Se asume que se reduce la probabilidad de desconexión por mora y por ende el pago de la reconexión.
VPN percepción de contribución ambiental	\$ 160.902	Se asume un valor del 5% de la inversión
VPN del valor de salvamento de los equipos antiguos	\$ 32.180	Valor de salvamento de aquellos equipos que cuentan con significativa vida útil remanente y que pueden venderse en el mismo mercado colombiano o en otro,
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.056.777</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sistema eléctrico**Tabla 48. Costos y beneficios del sistema eléctrico al implementar medidas de equipos ofimáticos**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de ingresos empresas por el ahorro de energía	\$ 362.400	Se asume que las únicas actividades afectadas en el recaudo por la reducción en el consumo son la generación y la comercialización, pues la transmisión y la distribución son ingresos regulados, por lo que las reducciones en consumo se reflejan en ajustes de los cargos
<b>Total costos</b>	<b>\$ 362.400</b>	
BENEFICIOS (Millones de COP)		
VPN de la reducción de costos en pérdidas	\$ 77.409	Se valoran las menores pérdidas con lo que se reconoce en la tarifa por este concepto
VPN esperado por las menores costos por compensación de interrupciones (Calidad del servicio)	\$ 38.752	Se asume que la energía ahorrada se relaciona en un 5% con las potenciales compensaciones que corresponden al 10% del cargo de distribución
VPN esperado por efectos en el precio de bolsa	\$ 1.110.375	Menor precio de bolsa por menor demanda en cualquier periodo
VPN en los costos evitados en aumentos de capacidad	\$ 117.104	Ahorro en el pago del cargo por confiabilidad
VPN esperado por la mejora en la cartera para las empresas	\$ 47.716	Se supone una mejora financiera para la empresa de 1,5% sobre los ahorros de la medida
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 1.391.356</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Sociedad**Tabla 49. Costos y beneficios de la sociedad al implementar medidas de equipos ofimáticos**

COSTOS (Millones de COP)		
VPN del costo de disposición final	\$ 38.857	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión en equipos
VPN de las pérdidas de ingresos en el mantenimiento de equipos antiguos	\$ 38.857	Se supone un 1% sobre el valor de la inversión de los nuevos equipos



VPN de menores ingresos por comercialización de equipos a sustituir	\$ 194.284	
VPN menores ingresos de contribuciones usuarios comerciales	\$ 180.927	Porcentaje de contribución sobre tarifa por energía ahorrada
VPN recaudo FAZNI y Ley 99	\$ 13.181	
<b>Total costos</b>	<b>\$ 466.106</b>	
<b>BENEFICIOS (Millones de COP)</b>		
VPN de las emisiones evitadas	\$ 4.455	Se asume que el factor de emisión del SIN para el cálculo y el valor del impuesto al carbono.
VPN de los ingresos asociados a la recuperación de materiales de equipos	\$ 194.284	Se asume que por cada equipo sustituido se recupera por reciclaje de materiales 2% del valor de un equipo nuevo
VPN de las mejoras en competitividad del comercio por menores costos asociados a la energía	\$ 32.567	Se asume que, por la reducción en los costos de energía, el sector terciario puede ofrecer servicios a menores precios a sus clientes. Se supone el 5% de la reducción en la factura eléctrica.
VPN de los ingresos por venta de nuevos equipos	\$ 194.284	Se supone que en la economía nacional queda un 16% del total de la inversión en nuevas tecnologías, ya que son en su mayoría equipos importados.
<b>Total beneficios</b>	<b>\$ 425.590,5</b>	

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información por cada actor, se encuentra que el total del VPN de los costos es de \$5.086.296, y el total de los beneficios estimados es de \$2.873.723. Al estimar el indicador beneficio/costo, se calculan los siguientes resultados.

**Tabla 50. Resultados Beneficio/Costo de equipos ofimáticos**

Medidas	B/C Usuario	B/C Sistema	B/C Social	B/C Total
Iluminación	0,25	3,84	0,91	<b>0,56</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas propuestas para equipos ofimáticos son costo beneficiosas para el sistema energético, aunque para los usuarios, para la sociedad, y en general, no lo son.

## 6.2. Resultados obtenidos

Los resultados de la evaluación costo beneficio obtenido se pueden agrupar en tres tipos:



Medidas con costo beneficio total mayor a uno

**Tabla 51. Medidas con evaluación BC total mayor a uno**

Medida	Comportamiento energético (2022-2030) PJ	Emisiones evitadas	B/C privado	B/C sistema	B/C social	B/C total
Calor directo eficiencia energética	6,43	450.100	8,04	3,87	0,26	3,49
Aire acondicionado	88,04	3.081.342	1,8	3,83	0,92	2,3
Refrigeración	17,17	600.970	2,27	3,84	0,55	2,5
AMI	5,57	194.959	2,08	2,91	4,76	2,76
Total	117	4.327.371				

En un primer grupo de resultados se encuentran los usos en los que las medidas propuestas obtienen una relación costo beneficio total mayor a uno, como lo es el caso de las medidas propuestas en calor directo (eficiencia energética), aire acondicionado, refrigeración y AMI. Estas cuatro medidas tienen resultados desde el punto de vista del privado y del sistema e incluso A MI desde el punto de vista de la sociedad. En este sentido, son medidas que tienen condiciones económicas que suponen mayor facilidad en su implementación, con una mayor oportunidad de alcanzar 117 PJ de ahorros energéticos y 4,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> ahorradas.

En tres de las cuatro medidas se observa una relación beneficio/costo para la sociedad inferior a uno, y al ver en detalle los VPN obtenidos en esta componente del análisis se identifica como principal razón, el VPN obtenido de contribuciones (en el costo), frente a otros costos y en especial frente al cálculo de los beneficios para la sociedad. De estos beneficios en las medidas analizadas en mayor componente es del valor estimado de las emisiones (Valor del impuesto de carbono\*toneladas evitadas por el ahorro en energía) frente al cual el VPN de menores contribuciones es hasta 22 veces más y en otro tipo de co-beneficios como mejoras en competitividad hasta 19 veces más. En este sentido, los resultados que se obtienen reflejan el grado de distorsión de este tipo de mecanismo y por otra parte, deja de manifiesto la necesidad de fortalecer los esfuerzos en cuantificar los impactos en términos de salud, factores ambientales y en términos de productividad para lograr reflejar y cuantificar adecuadamente los co-beneficios de proyectos de eficiencia energética.

Medidas que no son costo beneficiosas desde el punto de vista del privado o usuario, con beneficio para la sociedad mayor a uno

**Tabla 52. Medidas con evaluación BC social mayor a uno, privado menor a uno**

Medida	Comportamiento energético (2022-2030) PJ	Emisiones evitadas	B/C privado	B/C sistema	B/C social	B/C total
Iluminación LED	11,65	407.649	0,10	4,16	2,89	0,27
Calor directo sustitución	58,75	2.900.123	0,15	0,22	2,18	0,27
Construcción sostenible	44,75	1.566.383	0,20	3,94	2,01	0,60
Distritos térmicos	2,35	42.210	0,24	0,24	2,34	0,62
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>4.916.365</b>				

En el segundo grupo de resultados, se encuentran las medidas propuestas en iluminación, medidas de sustitución de energéticos en calor directo, construcción sostenible y distritos térmicos; en todos estos usos las medidas propuestas implican altos costos de inversión para el usuario que decida implementarlas (punto de vista del privado), con la condición adicional en la que los beneficios percibidos por él no logran compensarlos, en algunos casos como las medidas de calor directo sustitución y distritos térmicos, tampoco se consiguen relaciones mayores a uno para el análisis desde el punto de vista del sistema, esto obedece principalmente, al efecto de precio de energía eléctrica que se obtiene del proceso de sustitución.

Frente a estos resultados, y dado que el beneficio para la sociedad es ampliamente mayor a uno en todos los usos, este tipo de medidas serían las candidatas adecuadas para recibir mecanismos que promuevan o aceleren la toma de decisiones en materia de eficiencia energética, entre ellos los incentivos tributarios, mecanismo que ya se han venido aplicando.

Medidas que no son costo beneficiosas desde el punto de vista del privado o usuario y costo beneficio menor a uno

Medida	Comportamiento energético (2022-2030) PJ	Emisiones evitadas	B/C privado	B/C sistema	B/C social	B/C total
Fuerza motriz	3,84	134.294	0,22	3,84	0,38	0,48
Otros	10,67	373.622	0,25	3,84	0,91	0,56
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>507.916</b>				

Para un tercer grupo de usos, se obtiene una combinación de los resultados de los anteriores grupos, por un lado, una relación costo beneficio menor a uno desde el punto de vista del privado e igual resultado se obtiene desde el punto de vista de la sociedad, resultado que como en el caso anterior corresponde al impacto del costo de las contribuciones frente a la cuantificación de los co-beneficios.



## 7. Conclusiones y recomendaciones

Es importante considerar que la participación del consumo de energía del sector terciario en el consumo total nacional entre las caracterizaciones realizadas en el sector con datos de 2012 y 2021 pasó de representar el 7% al 6%. En términos de los energéticos utilizados, se puede observar que hubo un cambio en la proporción de los principales energéticos utilizados en el sector terciario, que son la energía eléctrica y el gas natural. Considerando los datos de los años de las dos caracterizaciones energéticas, hubo un incremento del 37,4% del consumo energético pasando de 47.310 a 65.031 TJ/año, con un aumento de 7 puntos porcentuales de la participación de la energía eléctrica frente al gas natural.

En cuanto a las participaciones de los usos de la energía en el sector terciario, resaltan principalmente el crecimiento en la participación del consumo de energía por concepto de climatización, así como la reducción de la participación de los demás usos, con excepción de los equipos ofimáticos. La participación de la climatización en los consumos de energía del sector terciario cambió de manera importante. En la caracterización de 2022 esta participación pasó de ser del 23% al 46% del consumo total de energía del sector, mientras que la iluminación pasó de representar el 31% al 18%. Los cambios identificados en las participaciones de los usos dentro de los consumos finales de energía del sector terciario se pueden justificar principalmente por los cambios tecnológicos y las medidas de política implementadas en el país.

En el caso de la climatización, el aire acondicionado es una tecnología que se ha masificado con costos de inversión menores, lo cual ha generado que estos se encuentren en un mayor número de establecimientos, y, por lo tanto, tengan una mayor participación en el consumo de energía eléctrica. En el caso de la iluminación, la fuerza motriz y la refrigeración, los cambios tecnológicos y las medidas de eficiencia energética a nivel nacional, han llevado a que haya una mayor eficiencia en los equipos.

Para el caso de refrigeradores y motores, si bien algunos tipos de estos equipos cuentan con etiquetado de eficiencia energética que puede llevar a que se adquieran equipos más eficientes, también se puede contar con el desarrollo del mercado en sistemas de refrigeración más eficientes. Asimismo, es importante considerar que estas participaciones son relativas, así que la reducción en la participación de un uso se puede deber también al aumento de la participación de otro.



Otro uso de la energía que ha tenido una transformación importante en el sector terciario es el calor indirecto. En hospitales, ahora existe solo esterilización quirúrgica vía autoclaves eléctricas, en restaurantes de cadena se usan marmitas especiales de pequeña capacidad, en lavanderías industriales y de barrio se utiliza planchado con prensa de vapor vía eléctrica, manteniéndose un consumo relativamente pequeño en establecimientos como hoteles y spa.

Con la línea base de consumo de energía actualizada, el uso con mayor potencial de ahorro es ahora el de aire acondicionado en clima cálido, seguido de la iluminación, la refrigeración y los equipos ofimáticos. Con este nuevo enfoque y producto de las entrevistas a los actores del sector que vienen implementando medidas de eficiencia energética y del análisis de las tecnologías disponibles y de las que acceden en la actualidad a incentivos tributarios, se proponen nuevas medidas de ahorro de energía, presentadas a continuación.

**Tabla 53. Resumen de medidas propuestas y potenciales de ahorro**

Uso	Medidas propuestas	Potencial de ahorro
Iluminación	Sistemas de iluminación y control de ocupación	35%
	Dimerización de iluminación y reemplazo por LED 120 lum/W	11%
	Ahorro de Energía para el Alumbrado Público	25%
Refrigeración	Cambio de sistemas autocontenidos por sistemas centralizados	10%
	Puertas en vitrinas de exhibición refrigeradas	25%
	Sistemas de automatización y control en refrigeración	5%
Climatización	Vigas frías	22%
	Sistemas de aire acondicionado por evaporación con almacenamiento en estanques con hielo	15%
	Sistemas centralizados de distritos térmicos y sustitución de combustibles en el acondicionamiento de espacios	30%
	Intercambiadores de calor para sistemas de HVAC y recuperación de calor en sistemas de aire acondicionado	10%
	Sistemas de climatización por evaporación	20%
	Sistemas de autogeneración con Chiller de absorción	30%
	Sistemas de digitalización, submedición y control en sistemas de climatización	20%
	Refrigeración como servicio	18%
Calor directo	Sustitución de hornos de gas por hornos eléctricos con recirculación de aire y control programable	30%
	Sustitución de cocción con gas natural por estufas de inducción	30%
Fuerza motriz	Variadores de frecuencia para la automatización de equipos de fuerza motriz	30%
Equipos ofimáticos	Sistemas de automatización en equipos ofimáticos	20%

<b>Respuesta a la demanda</b>	Respuesta a la demanda	10%
<b>Gestión energética</b>	Gestores energéticos municipales	20%

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar un análisis costo beneficio de cada uno de los usos de la energía con respecto a las nuevas medidas propuestas y a las medidas existentes, se obtuvieron en resumen los siguientes resultados:

**Tabla 54. Resumen de resultados del análisis beneficio costo**

Medida	B/C privado	B/C sistema	B/C social	B/C total
Fuerza motriz	0,22	3,84	0,38	0,48
Iluminación LED	0,10	4,16	2,89	0,27
Calor directo eficiencia energética	8,04	3,87	0,26	3,49
Calor directo sustitución	0,15	0,22	2,18	0,27
Aire acondicionado	1,80	3,83	0,92	2,30
Refrigeración	2,27	3,84	0,55	2,50
Construcción sostenible	0,20	3,94	2,01	0,60
AMI	2,08	2,91	4,76	2,76
Distritos térmicos	0,24	0,24	2,34	0,62
Otros	0,25	3,84	0,91	0,56

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, las medidas o conjuntos de medidas analizadas que obtuvieron indicadores beneficio/costo mayores a 1, presentan beneficios para el actor analizado que son mayores a los costos en los que se incurriría para su implementación, mientras que, si el indicador es menor a 1, los costos son mayores que los beneficios.

Según los resultados del análisis beneficio/costo obtenidos a partir de las fuentes de información existentes, se puede ver que los usos que no requieren mecanismos adicionales para su desarrollo, es decir aquellas que los campos de Beneficio/Costo para el privado o usuario y para el sistema energético son mayores que 1, son: Calor directo eficiencia energética, Aire Acondicionado, Refrigeración y AMI. Por otro lado, aquellos usos en los cuales las medidas requieren mecanismos adicionales para el privado y el sistema energético, son: Iluminación LED, Calor Directo Sustitución, Construcción Sostenible y Distritos Térmicos, ya que tienen alguno o ambos de sus campos de Beneficio/Costo menor que 1. Finalmente, hay unos usos que pueden requerir de un mayor nivel de detalle para poder decidir qué medidas requieren de la implementación de medidas o si no es beneficioso en términos económicos impulsados, estas son Fuerza Motriz y Otros.

Es importante considerar, que aunque se utiliza una metodología que permite estimar el indicador beneficio costo de las medidas en cada uso, las fuentes y estudios utilizados para la cuantificación de los co-beneficios y externalidades considerados como beneficios, no son suficientes para brindar una valoración adecuada en términos de salud, medio ambiente y calidad de vida de todos los beneficios para la sociedad de acuerdo con los impactos que generan las medidas en los ahorros energéticos proyectados.



## **Anexos**

Los archivos anexos derivados del desarrollo de las secciones presentadas en el archivo, son los siguientes:

1. Análisis línea base de consumos energéticos
2. Análisis beneficio costo





### Referencias Bibliográficas

- Arnaldo Vieira de Carvalho, L. N.-R. (2015). *Inter-American Development Bank*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gu%C3%ADa-E-Programas-de-normalizaci%C3%B3n-y-etiquetado-de-eficiencia-energ%C3%A9tica.pdf>
- Barranco, S. (2021). *Digitalización de los sistemas de climatización de un edificio*. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/350791>
- Departamento Nacional de Planeación. (2014). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Plan%20de%20Acci%C3%B3n/PLAN%20NACIONAL%20DE%20DESARROLLO%202014%20-%202018%20TODOS%20POR%20UN%20NUEVO%20PAIS.pdf>
- Fricke, B. & Becker, B. (2010). Energy Use of Doored and Open Vertical Refrigerated Display Cases. *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, Paper 1154. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/4955643.pdf>
- Humar, I., Hudomalj, U., Marinšek, A., Umberger, M. (2022). Optimizing the Power Usage of Anti-Sweat Heaters in Glass-Door Refrigerators According to the Dew Point. *Energies* 15(13):4601. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/13/4601>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia (2019). Distritos térmicos: una apuesta de sostenibilidad urbana / Unidad Técnica de Ozono. Recuperado de <https://distritoenergetico.com/wp-content/uploads/2019/09/Revista-Los-distritos-t%C3%A9rmicos-una-apuesta-de-sostenibilidad-urbana-1.pdf>
- Pesántez (2012). *Diseño y construcción de un módulo de laboratorio con variador de frecuencia para el control de un sistema de bombeo y determinación del ahorro energético*. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/234592711.pdf>
- Rodriguez, E. (2016). Metodología para la realización de auditorías energéticas en empresas de servicios y su monitorización. Recuperado de: [https://oa.upm.es/43756/1/TFG\\_ESTHER\\_RODRIGUEZ\\_PIEDRAC\\_OBA.pdf](https://oa.upm.es/43756/1/TFG_ESTHER_RODRIGUEZ_PIEDRAC_OBA.pdf)



- Serrano, R. y Soto M. (2022). Diseño e implementación de un sistema de trigeneración de energía híbrida con optimización de sistemas de refrigeración para una empresa procesadora de mariscos. Recuperado de <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/10571/Dise%C3%B1o%20e%20Implementacion%20de%20un%20Sistema%20de%20Trigeneracion%20de%20Energia-MdeC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tama Franco, A. (2013). *Cocina de inducción versus cocina a gas (GLP)*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/324056283\\_COCINA\\_DE\\_INDUCION\\_VERSUS\\_COCINA\\_A\\_GAS\\_GLP](https://www.researchgate.net/publication/324056283_COCINA_DE_INDUCION_VERSUS_COCINA_A_GAS_GLP)
- UPME - Unidad de Planeación Minero Energética (2013). Determinación del potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia.
- UPME - Unidad de Planeación Minero Energética (2018). Primer balance de Energía Útil para Colombia.
- UPME - Unidad de Planeación Minero Energética (2022). Caracterizar el consumo energético del sector terciario para fortalecer las estrategias y medidas de eficiencia energética, descritas en el reciente PAI PROURE.
- Rodriguez Barrera, J. (22 de 10 de 2023). *Real Estate Market*. Obtenido de <https://realestatemarket.com.mx/articulos/mercado-inmobiliario/16513-retail-numeros-en-perspectiva>



## Corpoema

Corpoema – Corporación para la Energía y el Medio Ambiente - es una corporación colombiana que promueve la eficiencia energética y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en todas las actividades económicas. Corpoema realiza Investigación y Consultoría con un equipo interdisciplinario altamente calificado, desarrollando proyectos que buscan preservar el medio ambiente, garantizando la calidad de vida de las generaciones futuras y contribuyendo a la mitigación de gases de efecto invernadero. Los campos de acción de Corpoema, cuentan con fuerte foco en el desarrollo integral del sector energético, con una mirada muy importante en temática de sustentabilidad. Nuestra labor se centra en la promoción de la eficiencia energética, la innovación y la formulación de proyectos y políticas públicas que promuevan la conservación del medio ambiente y el bienestar de las poblaciones.