

Disminución de los costos y emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica en las instalaciones de un colegio de la ciudad de Bucaramanga mediante la implementación de buenas prácticas y tecnologías eficientes

Johanna Andrea Celis Campos

Trabajo de grado para optar el título de magíster en Ciencias y Tecnologías Ambientales

Director

M.Sc Carlos Alirio Díaz González

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Química Ambiental

2021

Dedicatoria

A Dios por brindarme la sabiduría suficiente para realizar este trabajo. A mi hijo, Eber Andrés, porque es la luz que ilumina mi camino y es mi razón de existir. A mis abuelos Esmeralda y José, a mi hermano Jairito porque desde el cielo estarán viendo que por fin lo logré. A mi mami, por apoyarme y respaldarme en momentos importantes. Al viejo Eber por colaborarme en aspectos académicos y familiares durante el desarrollo de este proyecto. A Mónica Ortiz Sánchez por su respaldo mientras cumplía el sueño de ser magister en ciencias. A mis compañeros de estudios de postgrado por su apoyo y acompañamiento durante la etapa de estudios.

Agradecimientos

A los docentes que impartieron sus cátedras de la mejor forma con el fin de fortalecer mis conocimientos en nuevas tecnologías ambientales, especialmente a los docentes M.Sc Carlos Alirio Díaz González y M.Sc Omar Ávila por su acompañamiento y asesorías durante el desarrollo del presente proyecto.

Contenido

	Pág.
Introducción	19
1. Disminución de los costos y emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica en las instalaciones de un colegio de la ciudad de Bucaramanga mediante la implementación de buenas prácticas y tecnologías eficientes.....	21
1.1 Planteamiento del problema.....	21
1.2 Justificación.....	23
1.3 Objetivos	26
1.3.1 Objetivo general	26
1.3.2 Objetivos específicos.....	26
2. Marco referencial	27
2.1 Marco teórico.....	27
2.1.1 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la agenda 2030 y la comisión económica para américa latina y el caribe (CEPAL).....	27
2.1.2 Objetivos de desarrollo sostenible relacionados con el proyecto.....	28
2.1.3 Energía eléctrica: principios y conceptos básicos	29
2.1.4 Fuentes de generación de energía en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) colombiano	30
2.1.5 Factor de emisión del sistema interconectado nacional (SIN) colombiano	31
2.1.6 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al consumo energético....	33
2.1.7 Marco de antecedentes	35
2.2 Marco conceptual	36

DISMINUCIÓN DE COSTOS Y EMISIONES ASOCIADOS AL CONSUMO DE ENERGÍA	5
2.2.1 Uso racional y eficiente de la energía (URE).....	36
2.2.2 Gestión de la energía	37
2.2.3 Inventario de gases de efecto invernadero (GEI)	37
2.3 Marco legal.....	38
3. Método	39
3.1 Fase No. 1: establecimiento del perfil de consumo de energía eléctrica y emisión de gases de efecto invernadero asociados a la prestación del servicio educativo.	40
3.2 Fase No. 2: determinación de las medidas y tecnologías a aplicar para disminuir el consumo de energía eléctrica.....	41
3.3 Fase No. 3: evaluación financiera y ambiental de las estrategias, medidas y tecnologías adoptadas.....	43
4. Resultados.....	44
4.1 Estudio preliminar del consumo de energía eléctrica y emisión de gases de efecto invernadero en la institución educativa.....	44
4.1.1 Introducción.....	45
4.1.2 Perfil de consumo de energía eléctrica.....	45
4.1.3 Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica.....	48
4.1.4 Emisiones asociadas de gases de efecto invernadero (GEI) en el año 2018	51
4.2 Estrategias pedagógicas adoptadas con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica en la institución.....	57
4.2.1 Introducción.....	58
4.2.2 Perfil de consumo de energía eléctrica de acuerdo a las estrategias pedagógicas adoptadas durante el período A-2019.....	58

DISMINUCIÓN DE COSTOS Y EMISIONES ASOCIADOS AL CONSUMO DE ENERGÍA	6
4.2.3 Emisiones asociadas de gases de efecto invernadero (GEI) en el período A-2019	60
4.3 Sustitución de equipos y luminarias por unas más eficientes con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica en la institución.	66
4.3.1 Introducción.....	66
4.3.2 Perfil de consumo de energía eléctrica de acuerdo al cambio luminarias y aire acondicionado adoptadas durante el período B-2019.....	67
4.3.3 Emisiones asociadas de gases de efecto invernadero (GEI) en el período B-2019.....	67
4.4 Evaluación ambiental de las estrategias adoptadas.	73
4.4.1 Análisis del impacto ambiental potencial de las estrategias adoptadas.....	74
4.4.2 Análisis de huella de Carbono.....	80
4.5 Evaluación financiera de los equipos instalados.	83
4.5.1 Introducción.....	83
4.5.2 Análisis económico y evaluación de indicadores.....	83
5. Conclusiones	90
Referencias.....	92
Apéndices.....	98

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Capacidad efectiva neta del SIN por tipo de generación</i>	19
Tabla 2. <i>Capacidad efectiva neta del SIN a 31 de mayo de 2021 por Tipo/fuente de energía</i>	30
Tabla 3. <i>Capacidad efectiva neta del SIN a 31 de mayo de 2021 por Tipo/fuente de energía</i>	31
Tabla 4. <i>Factor de emisión de CO₂ por tecnología a 20 de noviembre de 2019</i>	34
Tabla 5. <i>Consumo de energía año 2018</i>	46
Tabla 6. <i>Evaluación del impacto ambiental a partir de la caracterización de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año 2018</i>	52
Tabla 7. <i>Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año 2018</i>	53
Tabla 8. <i>Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios, año 2018</i>	54
Tabla 9. <i>Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global, año 2018</i>	54
Tabla 10. <i>Evaluación de las sustancias (materia prima) asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable, año 2018</i>	55
Tabla 11. <i>Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período año 2018</i>	57
Tabla 12. <i>Consumo de energía año 2019.</i>	59
Tabla 13. <i>Evaluación del impacto ambiental a partir de la caracterización de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año A-2019</i>	60
Tabla 14. <i>Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año A-2019</i>	61

Tabla 15. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios, año A-2019* 62

Tabla 16. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global, año A-2019*..... 62

Tabla 17. *Evaluación de las sustancias (materia prima) asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable, año A-2019* 63

Tabla 18. *Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período A-2019* 65

Tabla 19. *Cantidad de personas que prestan y reciben el servicio educativo en la institución durante los años 2018 y 2109* 65

Tabla 20. *Evaluación del impacto ambiental a partir de la caracterización de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año B-2019*..... 67

Tabla 21. *Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año B-2019*..... 68

Tabla 22. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios, año B-2019* 70

Tabla 23. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global, año B-2019*..... 70

Tabla 24. *Evaluación de las sustancias (materia prima) asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable, año B-2019* 70

Tabla 25. *Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período B-2019* 72

Tabla 26. *Perfil de consumo per cápita en cada uno de los períodos* 74

Tabla 27. *Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana para cada uno de los períodos.* 75

Tabla 28. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios durante los tres períodos evaluados.* 76

Tabla 29. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable durante los tres períodos evaluados.*..... 77

Tabla 30. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global durante los tres períodos evaluados.* 77

Tabla 31. *Ponderación del requerimiento energético normalizado en la institución educativa durante el período evaluado.* 80

Tabla 32. *Evaluación de la huella de carbono a 20 años en el GSEB* 81

Tabla 33. *Evaluación de la huella de carbono a 100 años en el GSEB* 81

Tabla 34. *Inversión inicial: cambio de equipos defectuosos y luminarias.* 84

Tabla 35. *Gastos de mantenimiento de equipos sustituidos durante el proyecto.* 85

Tabla 36. *Ingresos por energía dejada de consumir.* 86

Tabla 37. *Flujo neto de efectivo del proyecto.* 87

Tabla 38. *Flujo neto llevado futuro.* 89

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Emisiones de GEI por generación de energía eléctrica con térmicas</i>	34
Figura 2. <i>Descripción de la estructura física de la institución.</i>	46
Figura 3. <i>Descripción de las zonas de acuerdo al bloque estructural y el nivel.</i>	47
Figura 4. <i>Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica.</i>	48
Figura 5. <i>Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica para el bloque I.</i>	49
Figura 6. <i>Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica para el bloque II.</i>	50
Figura 7. <i>Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica para el bloque III.</i> ...	51
Figura 8. <i>Categorías de impacto potencial Vs Contribución porcentual año 2018 asociado al consumo de energía eléctrica.</i>	52
Figura 9. <i>Categorías de impacto potencial por subprocesos Vs % IAP año 2018 asociado al consumo de energía eléctrica</i>	53
Figura 10. <i>Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante año 2018.</i>	55
Figura 11. <i>Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante año 2018.</i>	56
Figura 12. <i>Perfil ambiental de energía no renovable Vs Materia prima contaminante año 2018</i>	56
Figura 13. <i>Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período año 2018</i>	57
Figura 14. <i>Categorías de impacto potencial Vs Contribución porcentual año A-2019 asociado al consumo de energía eléctrica.</i>	60
Figura 15. <i>Categorías de impacto potencial por subprocesos Vs % IAP año A-2019 asociado al consumo de energía eléctrica</i>	61

Figura 16. <i>Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante año A-2019</i>	63
Figura 17. <i>Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante año A-2019 ..</i>	64
Figura 18. <i>Perfil ambiental de energía no renovable Vs Materia prima contaminante año A-2019</i>	64
Figura 19. <i>Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período A-2019...</i>	65
Figura 20. <i>Categorías de impacto potencial Vs Contribución porcentual año B-2019 asociado al consumo de energía eléctrica.</i>	68
Figura 21. <i>Categorías de impacto potencial por subprocesos Vs % IAP año B-2019 asociado al consumo de energía eléctrica</i>	69
Figura 22. <i>Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante año B-2019</i>	71
Figura 23. <i>Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante año B-2019 ..</i>	71
Figura 24. <i>Perfil ambiental de energía no renovable Vs Materia prima contaminante año B-2019</i>	72
Figura 25. <i>Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período B-2019</i>	73
Figura 26. <i>Consumo de energía año 2018 - 2019.....</i>	73
Figura 27. <i>Contribución porcentual del consumo de energía eléctrica Vs Períodos evaluados.</i>	75
Figura 28. <i>Contribución ambiental asociado al consumo de energía eléctrica Vs Categorías de impacto ambiental.....</i>	76
Figura 29. <i>Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante durante los períodos evaluados.</i>	78
Figura 30. <i>Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante.....</i>	78

Figura 31. *Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante durante los períodos evaluados.* 79

Figura 32. *Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante.* 79

Figura 33. *Ponderación del requerimiento energético normalizado en la institución educativa durante el período evaluado.* 80

Figura 34. *Huella de carbono a 20 años de acuerdo a las implementaciones adoptadas.* 82

Figura 35. *Huella de carbono a 100 años de acuerdo a las implementaciones adoptadas.* 82

Figura 36. *Comparativo de huella de carbono a 20 años y 100 años de acuerdo a las implementaciones adoptadas.* 83

Figura 37. *Flujo neto llevado futuro.* 90

Lista de Apéndices

Pág.

Apéndice A. <i>Lista de equipos eléctricos y consumo de potencia promedio mensual año 2018 discriminada en cada bloque estructural.</i>	98
Apéndice B. <i>Lista de equipos eléctricos y consumo de potencia promedio mensual año A-2019 discriminada en cada bloque estructural.</i>	103
Apéndice C. <i>Lista de equipos eléctricos y consumo de potencia promedio mensual año B-2019 discriminada en cada bloque estructural.</i>	107

Resumen

La capacidad efectiva neta del sistema interconectado en Colombia considera una participación del 30,58% de fuentes de energía térmica a partir de la incineración de combustibles fósiles (gas natural, carbón o combustibles líquidos) para la generación de energía eléctrica, actividad que prolifera las emisiones GEI. Por lo anterior, el uso racional y eficiente de la energía eléctrica (URE) es una política ambiental global que permite reducir los impactos a partir del desarrollo de proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) asociados a la cuantificación de inventarios de emisiones de GEI, huella de carbono o factor de emisión de la generación eléctrica (FEG). Por lo anterior, en el presente estudio se realiza la evaluación ambiental de estrategias pedagógicas y la implementación de tecnologías eficientes a partir de buenas prácticas ambientales y la sustitución de equipos y luminarias con el fin de reducir las emisiones GEI corporativas asociadas al perfil de consumo en una institución educativa. Así mismo, los indicadores VAN, TIR y DPBT demuestran la viabilidad financiera de invertir en proyectos de MDL relacionados con nuevas tecnologías y prácticas URE, logrando alcanzar los lineamientos planteados en los objetivos de desarrollo sostenible No. 13: acción por el clima y No. 7: energía asequible y no contaminante, puesto que al mejorar la infraestructura energética de una institución educativa se aporta a los avances modernos y sostenibles para el país.

Palabras clave: eficiencia energética, emisiones de GEI, desarrollo limpio, huella de carbono e indicadores financieros (VAN, TIR, DPBT)

Abstract

The net effective capacity of the interconnected system in Colombia considers a participation of 30.58% of thermal energy sources from the incineration of fossil fuels (natural gas, coal or liquid fuels) for the generation of electrical energy, an activity that proliferates the GHG emissions. Therefore, the rational and efficient use of electrical energy (ERU) is a global environmental policy that allows reducing impacts from the development of clean development mechanism (CDM) projects associated with the quantification of GHG emissions inventories, carbon footprint or electricity generation emission factor (FEG). Therefore, in this study the environmental evaluation of pedagogical strategies and the implementation of efficient technologies based on good environmental practices and the replacement of equipment and lights are carried out in order to reduce corporate GHG emissions associated with the consumption profile in an educational institution. Likewise, the NPV, IRR and DPBT indicators demonstrate the financial viability of investing in CDM projects related to new technologies and ERU practices, achieving the guidelines set out in sustainable development goals No. 13: climate action and No. 7: affordable and non-polluting energy, since improving the energy infrastructure of an educational institution contributes to modern and sustainable advances for the country.

Keywords: energy efficiency, GHG emissions, clean development, carbon footprint and financial indicators (VAN, IRR, DPBT).

Glosario

DPBT (Discount PayBack Time): corresponde al periodo de recuperación de la inversión en el tiempo, es decir; el tiempo que se demore en recuperar el dinero invertido.

Factor de emisión (FE): es un factor numérico que indica la relación entre la cantidad de gas emitido a la atmosfera con la actividad asociada a la emisión de dicho gas.

Factor de emisión de la generación eléctrica (FEG): es el indicador que describe la relación entre la cantidad de gas emitido a la atmosfera con la fuente de generación de energía eléctrica, la cual está asociada directamente con emisiones de GEI al medio. Este varía de acuerdo a la tecnología empleada o a los objetivos planteados en el proyecto de generación.

Fuentes no convencionales de energías renovables (FNCER): la ley 1715 de 2014, precisa que las fuentes no convencionales de energías renovables son los recursos de energía inagotables disponibles en el mundo y a su vez son ambientalmente sostenibles, por ejemplo la biomasa, las hidroeléctricas, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. (Congreso de Colombia., 2014)

Gases de efecto invernadero (GEI): son los gases presentes en la atmósfera terrestre cuya función es absorber y emitir radiación dentro del rango infrarrojo. Sin embargo estos GEI varían su concentración debido al incremento en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), gases fluorados (HFC, PFC, SF₆), gases a base de azufre, entre otros. Actualmente, este fenómeno afecta los componentes del clima (temperatura, precipitación, humedad, presión atmosférica, viento, nubosidad y radiación solar)

Mecanismo de desarrollo limpio (MDL): es una herramienta que es aplicada a sectores industriales, energéticos, ambientales, manejo adecuado de residuos sólidos, entre otros; con el fin de implementar proyectos cuyo objetivo fundamental sea la reducción de emisiones de GEI.

Tasa interna de retorno (TIR): es una herramienta financiera que indica la viabilidad de inversión en cualquier negocio, teniendo en cuenta la relación entre los costos de inversión y la rentabilidad posible del mismo (relación costo – beneficio):

Valor actual neto (VAN): también denominado VPN o valor presente neto. Es una herramienta financiera que permite calcular el valor total de la inversión a un valor presente con el fin de determinar el estado de ganancia y pérdidas de proyecto ejecutado. Esta herramienta se emplea principalmente en proyectos a largo plazo.

Lista de abreviaturas

CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CH ₄	Metano
CMNUCC	Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
DPBT	Discount PayBack Time
ESSA	La Electrificadora de Santander
FE	Factor de Emisión
FEG	Factor de Emisión de la Generación Eléctrica
FNCER	Fuentes no convencionales de energías renovables
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GM	Gastos de Mantenimiento
HFC, PFC, SF ₆	Gases fluorados
LED	Light Emitting Diode
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
N ₂ O	Óxido nitroso
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PAI	Plan De Acción Indicativo de Eficiencia Energética
PAYBACK	Tiempo de Retorno
PRAE	Proyecto Ambiental Escolar
SIN	Sistema Interconectado Nacional
TIR	Tasa Interna de Retorno
UNCSD	United Nations Conference on Sustainable Development
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
URE	Uso Racional y eficiente de la Energía
VAN	Valor Actual Neto
VPN	Valor Presente Neto

Introducción

La energía eléctrica está relacionada con la cantidad de carga eléctrica que circula a través de un medio conductor durante un tiempo dado la cual es transformada en energía lumínica, ondas sonoras, energía calórica, etc. mediante el uso de dispositivos electrónicos dispuestos para esta conversión (Serway & Jewett, Física para Ciencias e ingeniería, 2009). La generación de energía considera su materia prima y actividades realizadas, por ejemplo; la incineración de combustibles fósiles y biomasa, así como también las emisiones fugitivas (Macías, A.; Andrade, J., 2019). La Tabla 1 presenta la capacidad efectiva neta del SIN en función del tipo de generación de energía eléctrica utilizando recursos renovables. Las plantas generadoras que emplean como recurso los combustibles fósiles (gas natural, carbón, combustibles líquidos, entre otros) son catalogadas como termoeléctricas e influyen directamente en las emisiones GEI. Este tipo de energía junto a la hidráulica son despachadas de forma central y no central (5294 MW y 11945 MW, respectivamente), las demás sólo de forma no central.

Tabla 1. Capacidad efectiva neta del SIN por tipo de generación

Fuente de energía	MW	Participación (%)
Eólica	18,42	0,11%
Solar	85,53	0,49%
Cogenerador	144,30	0,83%
Térmica	5325,94	30,58%
Hidráulicos	11944,79	68,59%

Datos de Paratec.xm (Paratec, 2021).

El uso eficiente de la energía es una política que surge debido al incremento desmesurado del consumo y costo de la misma, así como también los factores que afectan el medio ambiente debido a emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (STEEEP, 2017).

El inventario de los GEI emitidos en el país indica las cantidades producidas anualmente y con esto las fuentes generadoras. El factor de emisión (FE) es el valor que representa la relación entre la cantidad de gas emitido a la atmosfera con la actividad asociada a la emisión de dicho gas, el cual difiere de acuerdo al proyecto desarrollado: para proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) es 0.367 ton CO₂/MWh; para inventarios de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), huella de carbono o factor de emisión de la generación eléctrica (FEG) es 0.210 ton CO₂/MWh (Bonilla, Herrera, & Puertas, 2017).

Estos conceptos permiten realizar un análisis de variables que implica la toma de decisiones y/o planteamiento de estrategias, originando así políticas ambientales para reducir las emisiones globales y lograr mantener la temperatura promedio del planeta por debajo de los 2°C (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, 2015) (SIAC, 2019).

La institución educativa *Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe* ubicado en la ciudad de Bucaramanga es el campo de estudio donde se realizó un análisis detallado del consumo de energía eléctrica y su impacto ambiental, para una población de 830 estudiantes y 70 personas de la planta operativa para el año 2018; así como también, para una población de 1033 estudiantes y 78 personas de la planta operativa para el año 2019, con el fin de evaluar los impactos asociados a emisiones GEI teniendo en cuenta la implementación de buenas prácticas ambientales y el cambio de luminarias y aires acondicionados por unos más eficientes. Así como también, la evaluación financiera de los mismos teniendo en cuenta los indicadores VAN, TIR y DPBT.

1. Disminución de los costos y emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica en las instalaciones de un colegio de la ciudad de Bucaramanga mediante la implementación de buenas prácticas y tecnologías eficientes

1.1 Planteamiento del problema

La energía eléctrica permite el funcionamiento de equipos electrodomésticos que suplen las necesidades básicas y/o mejoran la calidad de vida del hombre y su entorno. Durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (UNCSD, por sus siglas en inglés; United Nations Conference on Sustainable Development), celebrada en Río de Janeiro en 2012, se plantearon 17 objetivos para reducir la pobreza, salvaguardar el planeta y asegurar que las personas convivan en paz y prosperidad a fin de mitigar las problemáticas económicas y políticas generadas por las amenazas latentes al medio ambiente y su impacto al cambio climático. Por ejemplo, el objetivo No. 7 energía asequible y no contaminante tiene como fin aumentar la conectividad de las comunidades a redes de energía eléctrica considerando los lugares geográficamente distantes, de difícil acceso y el crecimiento de la población mundial. (PNUD, 2012) Sin embargo, esto implicaría un aumento en la demanda de energía accesible, la cual para el año 2015 provenía en un 79,68% de combustibles fósiles y en un 20,32% de energía eléctrica renovable (Banco Mundial, 2019), lo cual contradice el objetivo No. 13 acción por el clima, debido a que el aumento en el consumo de energía eléctrica mundial aumentaría en la misma proporción las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), gases fluorados (HFC, PFC, SF₆), gases a base de azufre, entre otros] (Instituto Sindical de Trabajo, 2019), emisiones que afectan los elementos componentes del clima (temperatura, precipitación, humedad, presión atmosférica, viento, nubosidad y radiación solar)

(GeoEnciclopedia, 2019); por ejemplo, la temperatura global aumentó en 0,24°C desde el año 2014 hasta el 2016 debido a la retención de calor en la superficie. (Yin, Overpeck, Peyser, & R., 2018)

Para disminuir la exposición a las emisiones de GEI en Colombia, varios informes (Instituto Nacional de Salud, 2018), la UPME (UPME, 2015) recomiendan el aumento y uso de FNCER (fuentes no convencionales de energías renovables), la diversificación de la matriz energética, la promoción, los incentivos y la implantación de programas de uso racional y eficiente de energía (URE). Así mismo, la demanda de energía eléctrica en Colombia proyecta una expansión entre 4208 y 6675 MWh al 2030 de acuerdo al plan de generación publicado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) teniendo en cuenta que la demanda energética al mes de mayo del año 2021 fue de 6015 GWh (XM S.A. E.S.P, 2021), para lo cual se plantea la ampliación de la matriz energética integrando fuentes renovables a partir del aprovechamientos de los recursos naturales con el fin de mitigar el impacto de las emisiones de GEI que hasta el momento se consideran moderadas (UPME, 2017). La generación hidroeléctrica es la más influyente, dado que el sistema interconectado colombiano se abastece en un 85,93% a partir de esta clase de centrales hídricas, el 13,25% corresponde a centrales térmicas (distribuidas de la siguiente manera: plantas de Gas 9,73% y Carbón 3,52%) y el 0,82% otras fuentes de energía renovable (XM S.A. E.S.P, 2021), como la generada en parques eólicos, por ejemplo; el que se encuentra ubicado en la Guajira (Parque Eólico Jepirachi) (Cortes & Arango, 2017). Sin embargo, a pesar que el recurso primario en la hidroeléctrica es el agua, deben contemplarse las emisiones asociadas (aquellas producidas durante la construcción de la misma, por ejemplo; ciclo de vida de los materiales, vehículos empleados para el transporte; la materia orgánica alrededor del embalse, sedimentación y aguas con capas carentes de oxígeno), factores que contribuyen a la formación de CO₂ y CH₄. (Mayor, 2016)

La Electrificadora de Santander (ESSA) es la empresa encargada de la distribución de energía eléctrica a partir del sistema interconectado nacional en la ciudad de Bucaramanga, la cual presenta al año 2019, 539.61 km de líneas de transmisión eléctrica de 115 kV y 120.41 km de líneas de transmisión eléctrica de 230 kV, correspondiente a un 7,42 % y 1,17% respectivamente del total nacional. Así mismo, la capacidad de transformación de la ESSA es de 1004,33 MWh y 870 MWh para cada una de las líneas descritas (XM S.A. E.S.P, 2019). Por lo anterior, se puede inferir que este recurso procede de centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, teniendo en cuenta que la ciudad geográficamente esta próxima la hidroeléctrica de Sogamoso y la planta generadora Merieléctrica.

Por lo anterior, la institución educativa de la ciudad de Bucaramanga preocupada por que ha tenido un alza sostenida de utilización energética, establece que no cuenta con una medición inicial de emisiones de GEI ocasionadas directa o indirectamente por el consumo de energía eléctrica, así mismo, la institución no cuenta con un inventario de GEI corporativo, además desconoce la viabilidad financiera y ambiental de las diferentes alternativas de disminución de estos costos e impactos ambientales, por lo cual tiene interés en optimizar la utilización de energía eléctrica y crear conciencia en la comunidad educativa a fin de disminuir los costos por consumo y reducir los impactos ambientales ocasionados por los GEI asociados a este aspecto.

1.2 Justificación

Teniendo en cuenta que durante la conferencia de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible celebrada en el año en 2012 en Rio de Janeiro se suscitó la creación de 17 objetivos de desarrollo sostenible con la finalidad de mitigar las problemáticas económicas y políticas generadas por las amenazas latentes al medio ambiente y su impacto al cambio climático (PNUD,

2012), en Colombia en marzo del 2018 el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) aprobó las estrategias para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible [CONPES 3918] (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2018) a fin de dar cumplimiento al plan de acción establecido en la Convención por el Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (Asamblea General Naciones Unidas, 2015), entre las que se contempla el objetivo No. 7 energía asequible y no contaminable, donde el país propone un indicador nacional de cobertura de energía eléctrica del 100 % (actualmente 97,2%) y teniendo en cuenta el objetivo No. 13 acción por el clima, cumplir la meta de reducir las emisiones totales de gases efecto invernadero en un 20% al año 2030 (DNP, 2018)

La eficiencia energética promueve el uso de nuevas tecnologías y/o prácticas que demandan un menor consumo energético para realizar un mismo trabajo (Ortiz, Mayo, & Valdez, 2019), aspecto considerado en la actualidad como un tema de interés global, dado que la utilización inadecuada de energía eléctrica repercute directa o indirectamente en la emisión de GEI o en aumentar la demanda del recurso energético que es generado por recursos hídricos; los cuales están siendo afectados por factores relacionados al clima y/o contaminación. Debido a esta problemática, la institución educativa INEM Felipe Pérez de la ciudad de Pereira como herramienta de apoyo a su proyecto ambiental escolar (PRAE) realizó un diagnóstico del consumo de energético con el fin de establecer las áreas propicias para generar una propuesta en la que se ahorre electricidad, lo que conllevó a la reducción de los impactos ambientales generados por dicho consumo, además de la sensibilización a la comunidad educativa (Zapata & Gonzalez, 2019)

Por lo anterior, la institución educativa Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe de la ciudad de Bucaramanga ha realizado un análisis detallado del consumo de energía eléctrica, el cual ha permitido establecer que los costos generados por este consumo en la institución se han

incrementado considerablemente a pesar de los esfuerzos hechos por el cuerpo administrativo y docente en el proceso de enseñanza. Por lo tanto, el presente proyecto propone determinar el impacto ambiental y financiero de medidas y tecnologías que disminuyan el consumo energía eléctrica en la institución.

Para lo cual, la presente propuesta se basa en reducir los costos generados por el consumo de energía eléctrica en la institución educativa de la ciudad de Bucaramanga, principalmente a través del cambio de tecnología del sistema actual de iluminación por uno más eficiente (halógenas por tipo LED). Para ello se realizará un nuevo diseño del sistema de iluminación en las distintas áreas de trabajo de la institución, el cual contempla el uso de nuevas tecnologías con lámparas y luminarias de mayor eficiencia energética respecto a las que se encuentran actualmente instaladas. Así mismo, promover la detección de fallas del sistema de aire acondicionado con el fin de evaluar su mantenimiento o reemplazo del mismo.

Con este estudio se plantea determinar la reducción en el consumo eléctrico por concepto de iluminación en la institución. Además del ahorro por este concepto, la institución tendría otros beneficios como reducción de costos por mantenimiento de equipos de iluminación, plan de manejo de residuos contaminantes, ya que las actuales lámparas poseen en su interior vapor de mercurio, el cual es altamente tóxico, y el mejoramiento de los puestos de trabajo brindando un nivel de iluminación acorde a la reglamentación vigente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar financiera y ambientalmente medidas y tecnologías para disminución del consumo de energía eléctrica en una institución educativa de la ciudad de Bucaramanga.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el perfil de consumo de energía eléctrica y las causas del mismo en la institución educativa a fin de establecer estrategias de mejora.
- Determinar el impacto en emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los perfiles de consumo establecido.
- Establecer medidas con el fin de promover el uso racional y eficiente de la energía eléctrica y proponer alternativas para sustituir los actuales equipos por unos más eficientes con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica.
- Evaluar el efecto de la disminución del consumo de energía eléctrica en las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas.
- Evaluar la viabilidad técnica y financiera de las diferentes alternativas de disminución de energía eléctrica.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

Para el desarrollo del proyecto es conveniente contextualizar y emplear definiciones y vocabulario idóneo relacionado con el consumo y ahorro de energía eléctrica, así como también; nociones referentes a los objetivos de desarrollo sostenible y las emisiones GEI asociadas.

2.1.1 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la agenda 2030 y la comisión económica para américa latina y el caribe (CEPAL)

Son 17 propuestas realizadas por 193 países, con la finalidad de mitigar las problemáticas económicas y políticas generadas por las amenazas latentes al medio ambiente y su impacto al cambio climático (PNUD, 2012) . Estos establecen y orientan claramente el cumplimiento de metas de acuerdo a las políticas gubernamentales de los países miembros.

Por ejemplo, en septiembre de 2015, se estableció un plan de acción basado en los ODS cuyo propósito fundamental era mejorar el nivel socio-económico de las personas, preservar el medio ambiente a partir del planteamiento de estrategias tendientes a garantizar el acceso a fuentes de energías sostenibles y amigables, la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Así mismo, en mayo de 2016, los países miembros de la CEPAL realizaron el foro de los países de américa latina y el caribe sobre el desarrollo sostenible, con el fin de definir medios de implementación y evaluar el impacto de las propuestas realizadas proponiendo un seguimiento concienzudo de las actividades a fin de identificar debilidades y fortalezas durante el cumplimiento de las estrategias propuestas por los países miembros de las CEPAL a fin de cumplir los objetivos trazados en la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. (Naciones Unidas, 2019)

2.1.2 Objetivos de desarrollo sostenible relacionados con el proyecto

1. Objetivo 7: energía asequible y no contaminante

Los ODS pactados por la asamblea general de la ONU en septiembre de 2015 durante la aprobación de la agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible, tuvieron en cuenta nuevas alternativas para disminuir los impactos ocasionados por el consumo desmedido de energía eléctrica proponiendo el uso de fuentes de energías amigables con el medio ambiente (objetivo 7: energía asequible y no contaminante) a fin de disminuir los gases de invernadero producidos por el empleo de fuentes energéticas que funcionan por combustibles fósiles que influyen considerablemente en esta problemática. Para el cumplimiento de este objetivo se trazan 5 metas con un tiempo límite de cumplimiento al año 2030. Estas se relacionan a continuación: (Asamblea General Naciones Unidas, 2015)

- Garantizar el acceso a servicios energéticos confiables a toda la comunidad.
- Promover el uso de fuentes de energía renovable
- Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética
- Aumentar la participación internacional en proyectos de investigación relacionados a promover el uso de energía limpias y fuentes renovables cuya eficiencia energética sea favorable.
- Mejorar la infraestructura y emplear nuevas tecnologías para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles en todos los países miembros, dando prioridad a países menos adelantados.

2. Objetivo 13: acción por el clima

La agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible presenta posibles soluciones a fin de que los países miembros puedan ejecutar actividades económicas sostenibles y amigables con el medio ambiente, por lo anterior; la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (CMNUCC) propuso acciones por el clima con el propósito de combatir los efectos provocados por el cambio abrupto de temperatura de la superficie terrestre (objetivo 13: acción por el clima). De la misma forma, se plantea el cumplimiento de 5 metas al 2030. Estas son: (Asamblea General Naciones Unidas, 2015)

- Fortalecer las características estructurales de la biota terrestre, la salud y el bienestar humano con el fin de afrontar los riesgos a los que se exponen por desastres naturales ocasionados por el cambio desmedido de la temperatura terrestre.
- Proponer políticas, estrategias y planes de acción cuyo objetivo sea disminuir los impactos ocasionados por el cambio climático.
- Promover políticas educativas relacionadas a la sensibilización de las personas con el objeto de mitigar y reducir los efectos del cambio climático.
- Para el año 2020 promover la conformación del fondo verde para el clima con el propósito de que los países miembros realicen aportes económicos significativos.
- Planificar y gestionar adecuadamente planes de acción que involucren los países miembros, con el objetivo de promover actividades que tengan en cuenta las mujeres, jóvenes y comunidades marginadas interesadas en preservar el medio ambiente.

2.1.3 Energía eléctrica: principios y conceptos básicos

Teniendo en cuenta que la energía es la capacidad que tiene un cuerpo de realizar un trabajo (Serway & Jewett, Física para Ciencias e ingeniería, 2008), se puede inferir que los

electrodomésticos empleados en los hogares y/o lugares de trabajo (por ejemplo: lámparas, televisores, computadores, proyectores, amplificadores de sonido, acondicionadores de aire entre otros) se deben conectar a una fuente de suministro de energía eléctrica.

La energía eléctrica está relacionada con la cantidad de carga eléctrica que circula a través de un medio conductor durante un tiempo dado, teniendo en cuenta que los materiales más empleados para las conexiones eléctricas son el cobre o aluminio dadas sus características. La carga eléctrica es la encargada de transferir energía eléctrica a los dispositivos electrodomésticos empleados en el hogar y en los lugares de trabajo, la cual es transformada en energía lumínica, ondas sonoras, energía calórica, etc. mediante el uso de dispositivos electrónicos dispuestos para esta conversión. Por lo anterior, se definen conceptos básicos relacionados directamente con esta clase de energía. Estos son: (Serway & Jewett, Física para Ciencias e ingeniería, 2009)

2.1.4 Fuentes de generación de energía en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) colombiano

La participación de capacidad instalada en Colombia por recurso primario equivale a 17560,97 MW de acuerdo al informe a mayo del año 2021 (XM S.A. E.S.P, 2021). Distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 2. *Capacidad efectiva neta del SIN a 31 de mayo de 2021 por Tipo/fuente de energía*

Fuente de energía	MW	Participación (%)
Renovable		
Hidráulicos	11944,79	68,02%
Eólica	18,42	0,10%
Solar	85,52	0,49%
Biomasa	178,45	1,02%
No Renovable		

Fuente de energía	MW	Participación (%)
Carbón	1657,90	9,44%
Gas	2556,99	14,56%
Líquidos	1119,00	6,37%
Total SIN	17560,97	100,00%

Datos de Paratec.xm (XM S.A. E.S.P, 2021).

Teniendo en cuenta que las plantas generadoras que emplean como recurso los combustibles fósiles (gas natural, carbón, combustibles líquidos, entre otros) son catalogadas como termoeléctricas. Por lo tanto, la participación de capacidad instalada en Colombia por recurso primario corresponde en primer y segundo orden a las hidroeléctricas y las termoeléctricas respectivamente (ver Tabla 3).

Tabla 3. *Capacidad efectiva neta del SIN a 31 de mayo de 2021 por Tipo/fuente de energía*

Fuente de energía	MW	Participación (%)
Hidráulicos	11944,79	68,02%
Térmica	5333,79	30,37%

Datos de Paratec.xm (XM S.A. E.S.P, 2021).

2.1.5 Factor de emisión del sistema interconectado nacional (SIN) colombiano

De acuerdo a lo manifestado por los entes gubernamentales especializados en la tercera comunicación sobre el cambio climático: inventario nacional de gases de efecto invernadero, el factor de emisión (FE) es “el valor que representa la relación entre la cantidad de gas emitido a la atmosfera con la actividad asociada a la emisión de dicho gas. Estos factores facilitan la estimación de emisiones de varias fuentes de GEI y en la mayoría de los casos son promedios de todos los datos disponibles de numerosas investigaciones” (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, 2015)

Para el SIN, el factor de emisión difiere de acuerdo al proyecto desarrollado. Estos son (Bonilla, Herrera, & Puertas, 2017):

1. Para proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL)

Los proyectos MDL, son aquellos proyectos que están orientados a desarrollar:

- Actividades de suministro de electricidad a una red (oferta energética) implementando plantas de energía renovable
- Implementación de tecnologías, estrategias y/o prácticas que permitan el ahorro de electricidad suministrada por la red (por ejemplo, proyectos de eficiencia energética y uso eficiente de energía)
- El factor de emisión resultante es de 0,367 tCO₂/MWh

2. Para inventarios de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), huella de carbono o factor de emisión de la generación eléctrica (FEG)

En este aspecto intervienen los proyectos que enfocan sus esfuerzos en realizar:

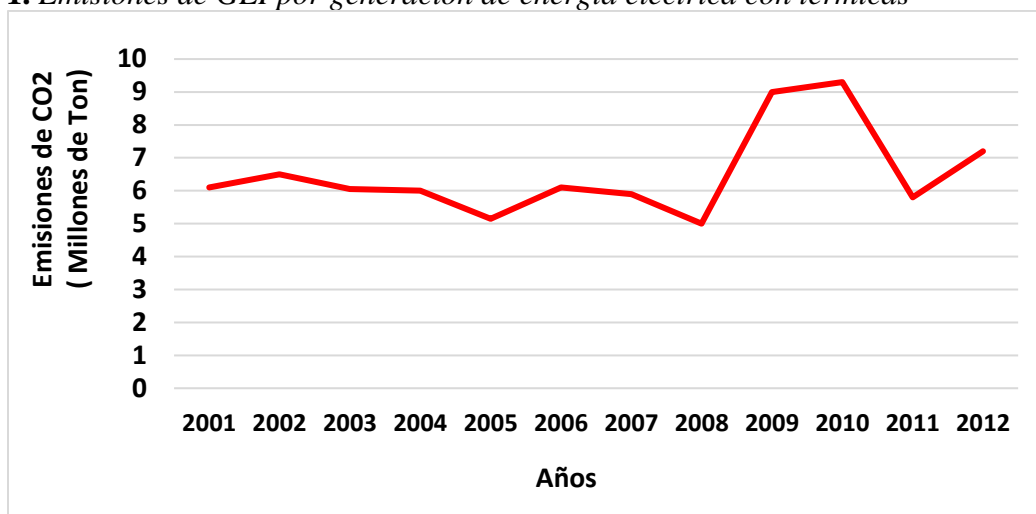
- Medición de las emisiones de GEI
- Estimación de los GEI asociados al consumo de energía eléctrica
- Descripción de los Inventarios de emisiones de GEI
- Cálculo de la huella de carbono empresarial o corporativa orientada a la cuantificación de las emisiones de GEI de una organización a fin de establecer acciones de mejora teniendo en cuenta la norma ISO 14067, el Protocolo GHG y la cuantificación de emisiones GEI por unidad generada promedio.
- El factor de emisión resultante es de 0,21 tCO₂/MWh

2.1.6 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al consumo energético

El inventario de gases de efecto invernadero asociadas al consumo energético tiene en cuenta aspectos relacionados a la fuente de energía, por ejemplo; los procesos industriales relacionados a la generación de la misma, agricultura y uso del suelo teniendo en cuenta que la mayor participación en generación de energía es por hidroeléctricas (86% aproximadamente (XM S.A. E.S.P, 2021)), así mismo, las actividades que permitan la preservación adecuada de bosques y entornos naturales (silvicultura). De la misma manera, la generación de energía considera las materias primas y las actividades realizadas durante la generación de energía, por ejemplo; la incineración de combustibles fósiles y biomasa, así como también las emisiones fugitivas. (Macías, A.; Andrade, J., 2019)

Las emisiones de GEI asociadas a la generación energética depende de las fuentes de energía, por ejemplo; la generación a partir de recursos hidráulicos, eólicos y/o fuentes renovables no emite emisiones de CO₂eq durante su operación (Barrera, 2017).

Sin embargo, el sistema interconectado nacional (SIN) debe brindar estabilidad y confiabilidad, por lo cual la demanda energética faltante (13% aproximadamente) es suplida por termoeléctricas, (XM S.A. E.S.P, 2021), lo que infiere directamente en la emisión de GEI debido a la quema de gas natural y carbón. Las emisiones de GEI aumentaron (ver Figura 1) en el periodo comprendido entre los años 2009 – 2010 debido a que el país enfrentaba disminución en los niveles de los afluentes hídricos ocasionado por el fenómeno del niño, por lo que fue necesario aumentar la generación eléctrica empleando fuentes térmicas (Macías, A.; Andrade, J., 2019)

Figura 1. Emisiones de GEI por generación de energía eléctrica con térmicas

Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático. (Macías, A.; Andrade, J., 2019)

Las termoeléctricas emplean en sus plantas de generación combustibles fósiles (gas natural, carbón y derivados de petróleo) para obtener un funcionamiento más eficiente, lo cual suscita el incremento en las emisiones de GEI, teniendo en cuenta que la quema de este tipo de combustibles, especialmente el carbón; producen en mayor proporción CO₂ y en menor proporción CO, CH₄, NO_x, SO_x y otros hidrocarburos que se oxidan a CO₂ en un periodo de aproximadamente 10 años. (Barrera, 2017) Por lo tanto, el factor de emisión de CO₂ para el año 2019 de acuerdo a la fuente puede apreciarse en la Tabla 4.

Tabla 4. Factor de emisión de CO₂ por tecnología a 20 de noviembre de 2019

Tipo de combustibles	Factor de emisión de CO ₂ por tecnología (Ton CO ₂ / MWh)
Gas Natural	0,55
Carbón	0,89

Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático. (Macías, A.; Andrade, J., 2019)

2.1.7 Marco de antecedentes

Actualmente se han realizado estudios cuyos objetivos se centran en el cumplimiento de la Ley 697 de 2001, la cual promueve el uso racional y eficiente de energía, algunos de los cuales se han ejecutado en instituciones educativas y el sector comercial.

El trabajo realizado por (Branker, Pathak, & Pearce, 2011) describe brevemente las metodologías y técnicas empleadas para calcular el coste normalizado de la electricidad – LCOE (por sus siglas en inglés levelized cost of electricity), así como también; realiza un análisis de financiero que relaciona aspectos tales como tasa de descuento, sistema de financiación, incentivos tributarios, vida útil y la tasa de degradación de los componentes del sistema para un caso en la ciudad de Canadá.

La investigación realizada por (Porto, 2016), presenta el análisis financiero y técnico de una instalación solar fotovoltaica para una institución educativa universitaria de la ciudad de Sincelejo, con el fin de describir la viabilidad y factibilidad del proyecto de acuerdo a la rentabilidad económica obtenida teniendo en cuenta los resultados de los indicadores financieros evaluados (VPN, TIR, DPBT y LCOE)

El estudio realizado por (Cuadro & Cuesta, 2011) describe las estrategias, buenas prácticas y mecanismos empleados en los sistemas de iluminación en el sector comercial a fin de incentivar la disminución en el consumo energético teniendo en cuenta los programas gubernamentales relacionados con el uso racional y eficiente de la energía eléctrica (URE) con el objetivo de mitigar los impactos ambientales que conlleva el uso inadecuado de la misma.

En la investigación, (Fontalvo, Ortiz, & Pozo, 2010) evaluaron el sistema de iluminación de la Corporación Universitaria de la Costa - CUC respecto al uso racional y eficiente de energía eléctrica. Por lo anterior, los autores determinaron la capacidad instalada por iluminación en la

institución educativa con el fin de analizar los parámetros de eficiencia energética y uso racional del sistema; para de esta manera identificar el cumplimiento con los niveles mínimos establecidos en las normas y leyes vigentes.

El trabajo desarrollado por (Benjumea, 2009) documenta inicialmente, casos en el mundo donde la implementación de sistemas de iluminación con lámparas LED, por su sigla en inglés *light-emitting diode*, representa una reducción considerable en el consumo de energía eléctrica. Así mismo, describe el análisis financiero del sistema al ser implementado en las vías del departamento de Antioquia, el cual arroja un balance positivo respecto al ahorro económico y los impactos ambientales ocasionados.

El proyecto desarrollado por (Zapata & Gonzalez, 2019), establece inicialmente la caracterización del consumo energético al interior del establecimiento educativo de educación básica y media vocacional, con el fin de formular y desarrollar estrategias pedagógicas y didácticas enfocadas al uso adecuado y eficiente de la energía eléctrica, así como también presenta la transversalización con del proyecto ambiental escolar – PRAE con las demás áreas académicas.

2.2 Marco conceptual

Durante el desarrollo del proyecto se emplean conceptos y definiciones asociadas con el consumo de energía eléctrica, así como también; nociones referentes a la implementación de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente.

2.2.1 *Uso racional y eficiente de la energía (URE)*

La eficiencia energética hace referencia al uso de nuevas tecnologías y/o prácticas que demandan un menor consumo energético para realizar un mismo trabajo (Ortiz, Mayo, & Valdez,

2019). El uso eficiente de la energía es una política que surge debido al incremento desmesurado del consumo y costo de la misma, así como también los factores que afectan el medio ambiente debido a emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). (STEEEP, 2017)

2.2.2 Gestión de la energía

La gestión de la energía hace referencia al uso repetitivo y constante de herramientas de gestión y tecnología para aumentar el rendimiento energético de una empresa o corporación (STEEEP, 2017). En Colombia por ejemplo, el plan de acción indicativo de eficiencia energética, PAI 2017 - 2022, propone alcanzar una disminución en el consumo energético del 9,05% a 2022, para esto establece acciones tales como: revisión de proyectos de FNCER, del cual 303 proyectos tuvieron el visto bueno para obtener beneficios tributarios establecidos en la ley que regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional (Ley 1715 de 2014), logrando una capacidad instalada de 1,590 MW. (Congreso de Colombia., 2014)

2.2.3 Inventario de gases de efecto invernadero (GEI)

Es la ponderación de la cantidad de gases de efecto invernadero emitidas a la atmósfera como consecuencia de actividades humanas (impactos antropogénicos) y la cantidad de absorciones por depósitos naturales o artificiales de carbono (sumideros de carbono), ocurridas en un país durante un lapso de tiempo específico (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, 2015). En el inventario se incluyen solamente los GEI asociados a fuentes antropogénicas generadas en la producción de energía eléctrica (se excluyen las emisiones generadas por el uso de la energía), específicamente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), perfluorocarbonos (PFC).

De la misma manera, esta herramienta establece los GEI emitidos por el país indicando específicamente las cantidades producidas anualmente, así como también; las fuentes generadoras, lo cual permite realizar el análisis de estas variables que conlleva a la toma de decisiones y/o planteamiento de estrategias que susciten políticas ambientales (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, 2015) que busquen reducir las emisiones globales y lograr mantener la temperatura promedio del planeta por debajo de los 2°C, cumpliendo con los objetivos de desarrollo sostenible (SIAC, 2019)

2.3 Marco legal

El proyecto se enfoca en la argumentación a partir de códigos, leyes y normas de estricto cumplimiento para la generación, distribución y consumo eficiente de la energía eléctrica proporcionada por el sistema interconectado nacional. Estos son:

- Código eléctrico nacional de Colombia norma NTC 2050
- NFPA 70 de 2014 o código eléctrico nacional de Estados Unidos, esta es la norma en la cual se basa la NTC 2050
- Ley 697 de 2001 (Ley URE), promueve el uso racional y eficiente de energía
- Resolución 990708 de 2013, permite la expedición del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE
- Ley 1715 de 2014 regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional
- Decreto 2469 de 2014 el cual da los lineamientos para entregar a la red eléctrica los excedentes de energía eléctrica

- Resolución CREG 175 de 2014 por la que se reglamenta la actividad de autogeneración para capacidades mayores a 1 MW en el sistema interconectado nacional
- Resolución CREG 024 de 2015 por la cual se regula la actividad de autogeneración para capacidades mayores a 1 MW en el sistema interconectado nacional
- Resolución UPME 281 de 2015 por medio del cual se define como límite máximo de potencia de autogeneración a pequeña escala como 1 MW.
- Norma ISO 14064 detalla los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI – gases de efecto invernadero - para compañías y organizaciones, y para la presentación de informes sobre estos inventarios
- Ley 1819 del 29 de diciembre de 2016 tiene como fin mejorar la productividad de las empresas del país y optimizar su eficiencia a través del impuesto nacional al carbono, “una herramienta costo efectiva que tendrá un impacto positivo en la calidad del aire y la salud ambiental” (Revista Gerente, 2019).

3. Método

Las actividades contempladas en este proyecto tienen como finalidad evaluar estrategias para disminuir el consumo de energía eléctrica en la institución educativa ubicada en la ciudad de Bucaramanga, mediante la implementación de buenas prácticas y tecnologías eficientes con el fin de contribuir a disminuir la emisión de GEI corporativas.

La metodología a seguir para alcanzar los objetivos planteados está dividida en las fases que se relacionan a continuación.

3.1 Fase No. 1: establecimiento del perfil de consumo de energía eléctrica y emisión de gases de efecto invernadero asociados a la prestación del servicio educativo.

Esta fase se realiza teniendo en cuenta el período de tiempo donde no se han implementado buenas prácticas ambientales apoyados con las estrategias propuestas desde el proyecto ambiental escolar (PRAE) de la institución, ni se han realizado cambios de equipos eléctricos o luminarias por unos elementos más eficientes, es decir; durante el año 2018.

De acuerdo a lo anterior, en esta etapa del proyecto, se determina el perfil de consumo de energía eléctrica diario mediante inspección ocular del uso de equipos eléctricos durante la jornada educativa, con el fin de establecer el consumo mensual promedio y de esta manera sustentar este inventario de equipos y sus consumos de acuerdo a la revisión de los registros históricos proporcionados por la empresa ESSA y Vatia. Esta actividad se lleva acabo de la siguiente manera:

- Se realiza un diseño estructural por bloques con sus respectivos niveles, así como también; se describe específicamente las zonas donde se presta el servicio educativo, a fin de establecer consumos de acuerdo a las características antes mencionadas.
- Se realiza el inventario de equipos con sus respectivos consumos aparentes diarios a fin de determinar el consumo aparente mensual por bloques.

Posteriormente, partiendo de la lista de equipos eléctricos con sus respectivos consumos de potencia se realiza el análisis del inventario de ciclo de vida (ICV) asociado a las emisiones GEI a fin de evaluar el impacto ambiental potencial (IAP) en cada bloque, empleando el método de evaluación IMPACT 2002+ V2.14 apoyado con el software SimaPro.

3.2 Fase No. 2: determinación de las medidas y tecnologías a aplicar para disminuir el consumo de energía eléctrica.

Esta fase se realiza teniendo en cuenta dos etapas, la primera etapa comprende el período de tiempo donde se implementan estrategias pedagógicas asociadas al PRAE, es decir; durante los meses de marzo, abril y mayo del año 2019, la cual se denomina A-2019. De la misma manera, la segunda etapa comprende el cambio de tecnología del sistema actual de iluminación por uno más eficiente (halógenas por tipo LED), así como la detección de fallas en aires acondicionados y equipos de impresión (fotocopiadoras e impresoras) con el fin de sugerir el mantenimiento o cambio a que haya a lugar. Esta etapa se contempla durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del año 2019, la cual se denomina B-2019.

Durante la implementación de estrategias pedagógicas, se establecen las siguientes actividades a fin de determinar el impacto ambiental potencial durante esta etapa del proyecto, las cuales se enuncian a continuación:

- Se fomentan buenas prácticas ambientales a partir del desarrollo de actividades pedagógicas asociadas al PRAE con el fin de promover el uso racional y eficiente de la energía eléctrica
- Se realiza el inventario de equipos con sus respectivos consumos aparentes diarios a fin de determinar el consumo aparente mensual por bloques después de implementadas las estrategias pedagógicas de acuerdo a los registros de la ESSA y Vatia.
- De la misma forma que en la primera fase, partiendo de la lista de equipos eléctricos se realiza el análisis del inventario de ciclo de vida (ICV) asociado a las emisiones GEI a fin de evaluar el impacto ambiental potencial (IAP) en cada bloque, empleando el método de evaluación IMPACT 2002+ V2.14 apoyado con el software SimaPro. Con el fin de

analizar los efectos de la estrategia pedagógica en la reducción del consumo de energía eléctrica per cápita y la contribución ambiental en cada categoría de impacto.

Finalmente, para la segunda etapa, se establecen las siguientes actividades:

- Se evalúa de acuerdo a la estructura física y al árbol de procesos de la fase No. 1, las luminarias, los aires acondicionados y equipos de impresión que presentan mayor consumo.
- Se realiza el cambio de tecnología del sistema actual de iluminación por uno más eficiente (halógenas por tipo LED), en busca del mejoramiento de los puestos de trabajo brindando un nivel de iluminación acorde a la reglamentación vigente.
- Se ejecuta el plan de mantenimiento de aires acondicionados para detección de posibles daños y de acuerdo su desempeño y perfil de consumo se realiza el cambio por uno más eficiente.
- Se realiza el inventario de equipos con sus respectivos consumos aparentes diarios a fin de determinar el consumo aparente mensual por bloques después de implementadas las actividades antes mencionadas asociado a los registros de la ESSA y Vatia.
- De la misma forma que en la primera fase, partiendo de la lista de equipos eléctricos se realiza el análisis del inventario de ciclo de vida (ICV) asociado a las emisiones GEI a fin de evaluar el impacto ambiental potencial (IAP) en cada bloque, con el fin de evaluar los impactos asociados a la reducción del consumo de energía eléctrica per cápita y la contribución ambiental en cada categoría de impacto de acuerdo a los cambios de equipos realizados.

3.3 Fase No. 3: evaluación financiera y ambiental de las estrategias, medidas y tecnologías adoptadas.

En esta fase del proyecto se calcula el impacto ambiental mediante el análisis de huella de carbono a partir de la metodología implementada por el IPCC empleando el software SimaPro después de realizados los ajustes planteados en la fase dos, para de esta manera realizar una evaluación ambiental de las estrategias pedagógicas implementadas y de los cambios realizados al sistema de iluminación de la institución a fin de establecer las emisiones GEI corporativa asociadas al consumo de energía eléctrica. Para lo anterior, se realizan las siguientes actividades:

- Se evalúa la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana para cada uno de los períodos de estudio (2018, A-2019 y B-2019).
- Se evalúan las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas de acuerdo a cada categoría de impacto para cada uno de los períodos de estudio (2018, A-2019 y B-2019).
- Se pondera el requerimiento energético normalizado en la institución educativa durante los períodos de estudio (2018, A-2019 y B-2019).
- Se cuantifica la huella de carbono a 20 años y a 100 años en cada periodo de estudio con el fin de comparar el impacto ambiental después de realizada la fase No. 2.

Así mismo; se realiza la evaluación financiera cuantificando las inversiones realizadas durante el período B-2019, calculando las proyecciones financieras de egresos e ingresos, para de esta manera determinar los índices de rentabilidad tales como: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión en el tiempo (Discount PayBack Time), sus siglas en ingles DPBT; los cuales serán base para cuantificar el impacto financiero del proyecto. Lo anterior se desarrolla de la siguiente manera:

- Se cuantifica la cantidad de luminarias y aires acondicionados a cambiar de acuerdo a la detección de fallas y altos consumos registrados durante la fase No. 2
- Se realiza proyección de la inversión inicial necesaria para el cambio de equipos a tecnologías más eficientes y se determina el costo de mantenimiento de acuerdo a la inflación proyectada en el país.
- Se cuantifica el valor de los ingresos por este proyecto, el cual está asociado al valor del ahorro per cápita del kWh y para años siguientes teniendo en cuenta la inflación proyectada en el país.
- De acuerdo a la información anterior se determina el TIR, VAN y el DPBT

4. Resultados

Los resultados presentados hacen referencia a tres etapas, las cuales se describen así: la primera etapa realizada durante el año 2018, la segunda etapa realizada durante los meses de marzo, abril y mayo del año 2019 y la etapa final durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del mismo año; las cuales se denominan Etapa preliminar 2018, Etapa de estrategias pedagógicas adoptadas A-2019 y Etapa de sustitución de equipos y luminarias B-2019.

Entonces los resultados en detalle se presentan a continuación.

4.1 Estudio preliminar del consumo de energía eléctrica y emisión de gases de efecto invernadero en la institución educativa.

Durante el año 2018, se realiza un estudio preliminar a partir de la inspección ocular de la forma y tiempo de como la comunidad educativa emplea equipos que funcionan con energía eléctrica, a fin de establecer el perfil de consumo de Potencia promedio mensual y el impacto

ambiental global asociado a emisiones GEI a fin de promover estrategias pedagógicas desde el proyecto ambiental escolar (PRAE) y/o cambios de equipos eléctricos o luminarias por unos elementos más eficientes.

4.1.1 *Introducción*

Durante el año 2018, se realiza un estudio preliminar a partir de los registros históricos de los consumos de energía eléctrica con el propósito de caracterizar el perfil de consumo de potencia promedio mensual y el impacto ambiental global asociado a emisiones GEI antes de implementar aspectos tales como: estrategias pedagógicas orientadas a cumplir los lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional y el mantenimiento preventivo, correctivo o la sustitución de equipos por tecnologías más eficientes, con el fin de determinar la huella de carbono corporativa.

Así mismo, es importante mencionar que durante la investigación es necesario conocer la población que interviene en la prestación del servicio educativo (personal administrativo, docentes y educandos), con el fin de evaluar las emisiones GEI per cápita asociadas al consumo. De acuerdo a lo anterior, la institución cuenta con 830 estudiantes y 70 personas que laboran en la planta operativa (docentes, administrativos y personal de servicio). Entonces; los resultados obtenidos se enuncian en los siguientes ítems.

4.1.2 *Perfil de consumo de energía eléctrica*

El perfil de consumo de energía eléctrica diario puede ser medido a través de lectura directa en el medidor de energía y/o la revisión de los consumos históricos, en esta investigación, los

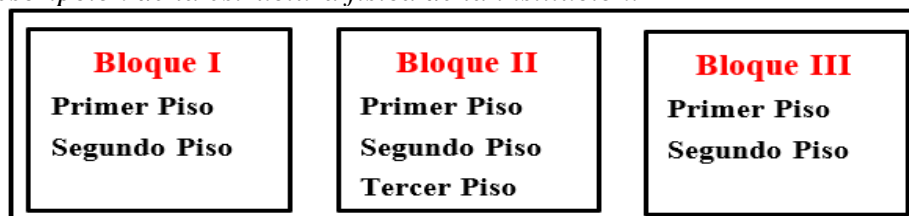
resultados obtenidos teniendo en cuenta los registros de las empresas ESSA y *Vatia* para el *Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe (GSEB)* se presentan en la Tabla 5:

Tabla 5. *Consumo de energía año 2018*

Empresa	Vatia		ESSA	Consumo Total	Consumo Energía
Consumo Mensual	Activa (Kwh)	Reactiva (Kwh)	Activa (Kwh)	Activa (Kwh)	(kVA-h)
Enero	472	223	1676	2148	2160
Febrero	263	120	3868	4131	4133
Marzo	1251	854	7603	8854	8895
Abril	2704	1498	4223	6927	7087
Mayo	3009	1587	4629	7638	7801
Junio	2072	1133	4597	6669	6765
Julio	2852	1564	3634	6486	6672
Agosto	3008	1624	4682	7690	7860
Septiembre	2797	1545	4985	7782	7934
Octubre	2676	1601	4316	6992	7173
Noviembre	2404	1274	4324	6728	6848
Diciembre	1042	457	3024	4066	4092

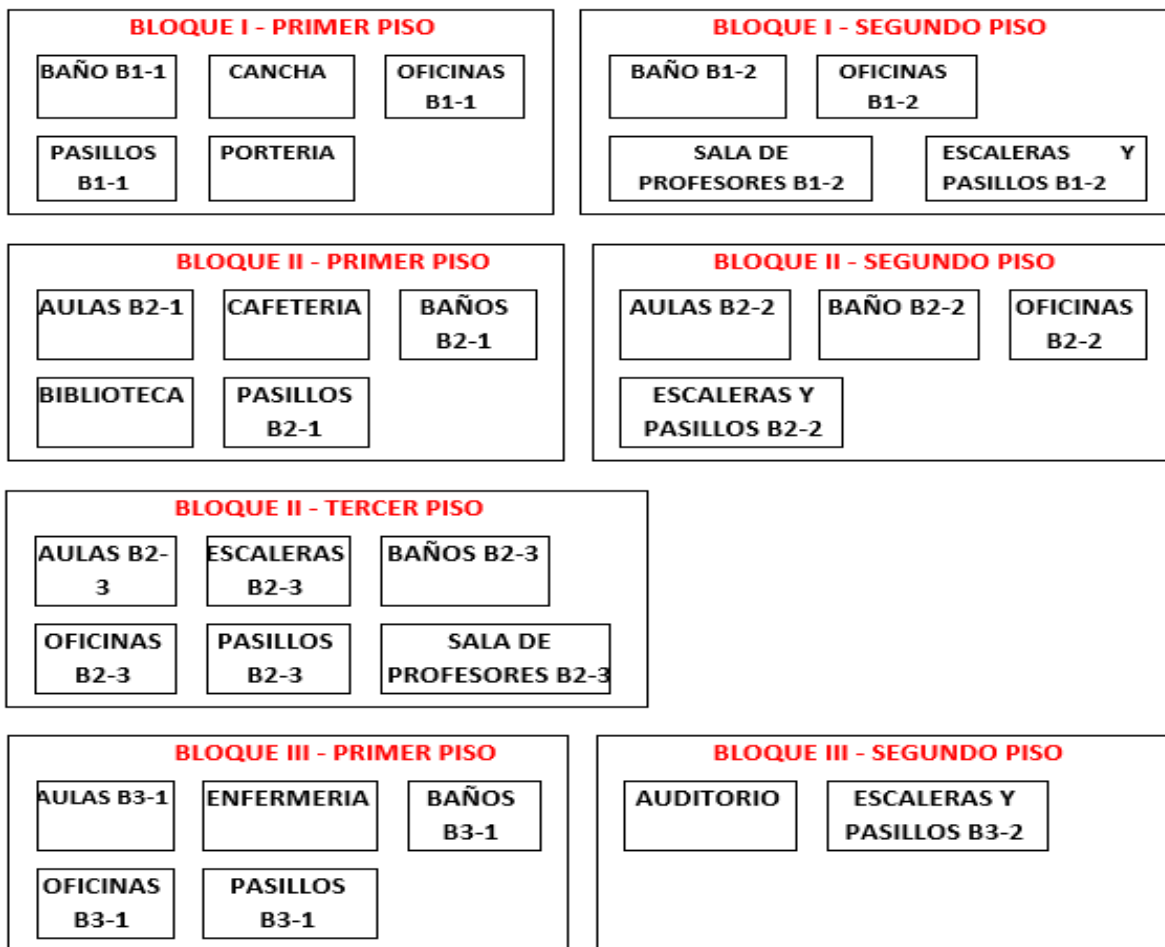
Sin embargo, es necesario realizar un perfil de consumo de manera más detallada, teniendo en cuenta los equipos eléctricos y su utilización aparente por parte del personal administrativo, docente y educandos en general mensualmente, esto con el fin de realizar el análisis de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) adecuado. El GSEB estructuralmente presenta tres bloques como se aprecia en la Figura 2.

Figura 2. *Descripción de la estructura física de la institución.*



Así mismo, el perfil de consumo se desglosa teniendo en cuenta los espacios de la institución de acuerdo al bloque y al piso. En la Figura 3 se presentan las zonas de acuerdo al bloque estructural y el nivel de la institución educativa. Cada zona presenta un inventario de equipos eléctricos y con sus respectivos consumos de potencia mensual, las cuales se listan teniendo en cuenta que el análisis del perfil energético se realiza en la etapa preliminar del proyecto, es decir; cuando aún no se han adoptado medidas orientadas al uso racional y eficiente de la energía eléctrica o la sustitución de equipos o dispositivos eléctricos, es decir; durante el año 2018 (ver Apéndice A).

Figura 3. Descripción de las zonas de acuerdo al bloque estructural y el nivel.

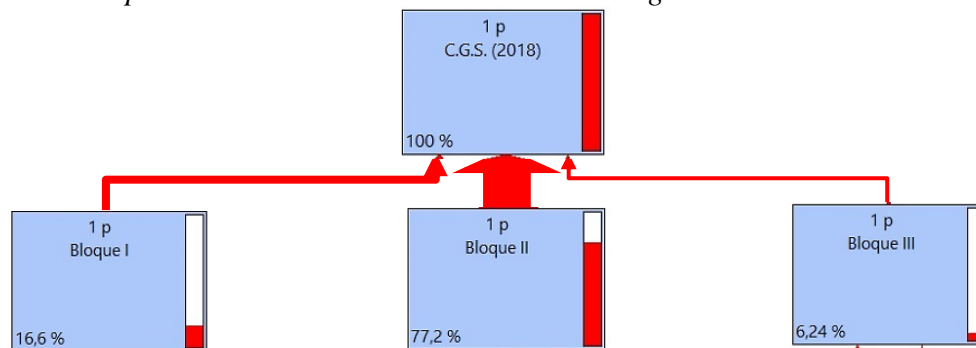


4.1.3 Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica

En el presente proyecto, se ha determinado el impacto ambiental global, empleando el método de evaluación IMPACT 2002+.V.05 apoyado con el software SimaPro versión 9.1, con el fin de estimar las emisiones GEI asociadas a la prestación del servicio educativo a los educandos del Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe y relacionadas con el consumo de energía eléctrica durante este proceso. Por lo anterior, es conveniente mencionar que se excluyen las emisiones asociadas al consumo de acueducto, alcantarillado y aseo, así como también las emisiones asociadas con reactivos químicos, dado que la institución durante el desarrollo de las clases de química realiza practicas empleando software de simulación a fin de evitar accidentes en el laboratorio y no cuenta con ducha. De la misma manera, se excluyen las emisiones asociadas al desplazamiento del educando hacia la institución, dado que requiere un análisis más concienzudo y tiene en cuenta variables más complejas.

Por lo anterior, inicialmente se puede apreciar el árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica por las zonas de acuerdo al bloque estructural del GSEB (ver Figura 4), el cual, por el grosor de las líneas Sankey permite inferir que la zona que mayor incidencia presenta en emisiones GEI es el bloque dos.

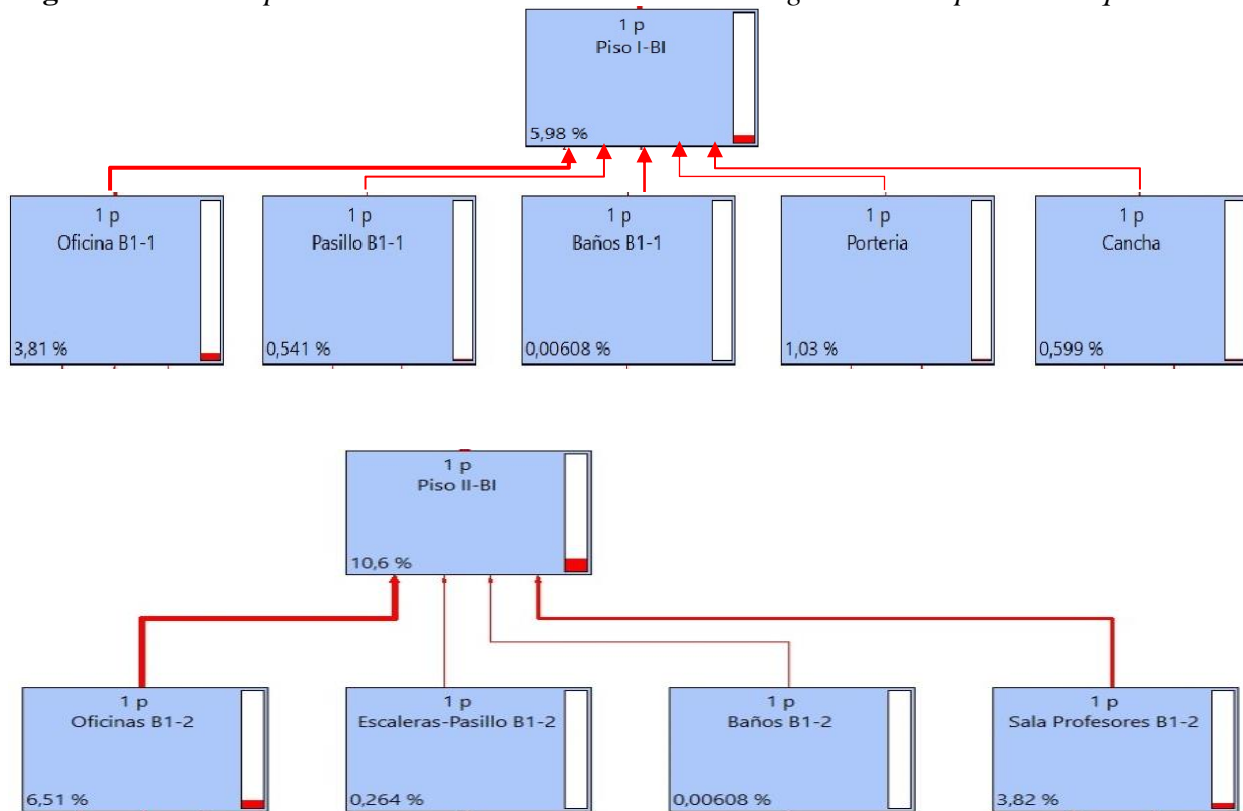
Figura 4. Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

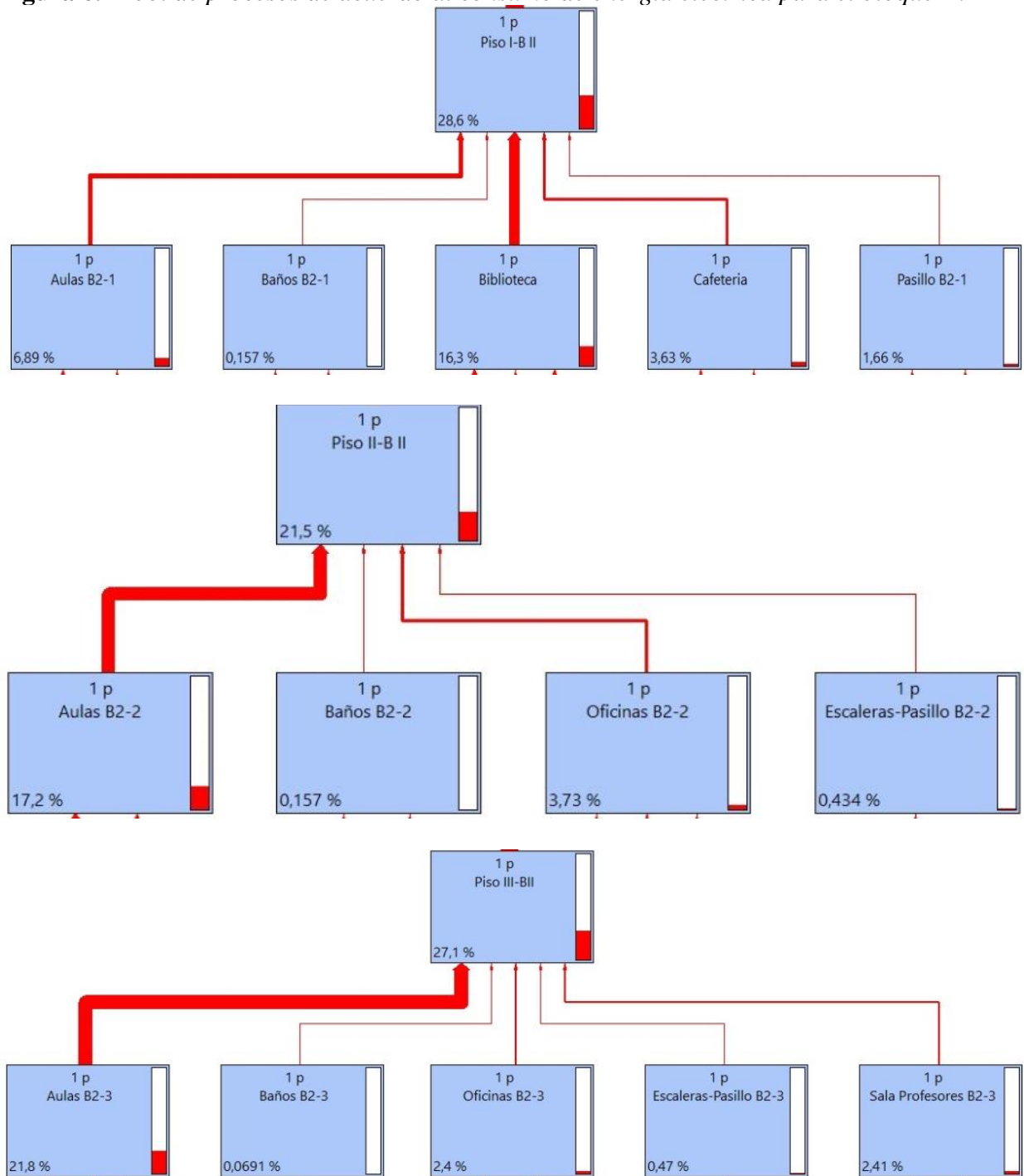
Así mismo, desglosando el árbol de procesos por bloques (bloque I, bloque II y bloque III) y niveles (piso 1, piso 2 y piso 3) se evidencian las áreas de mayor impacto ambiental durante la prestación del servicio educativo asociado al consumo de energía eléctrica. Inicialmente, en el bloque I las zonas donde se generan mayor impacto son las oficinas encargadas del trabajo corporativo (Figura 5). En el bloque II las zonas donde se generan mayor afectación, para el piso 1, es la biblioteca teniendo en cuenta que es el área encargada de la entrega de material pedagógico a educandos, para el piso 2 y piso 3 las aulas de clase son las responsables del mayor consumo teniendo en cuenta que son áreas donde se concentra el uso de equipos eléctricos (Figura 6). Finalmente, en el bloque III las zonas de un aporte significativo corresponde a las aulas de clase (Figura 7).

Figura 5. *Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica para el bloque I.*

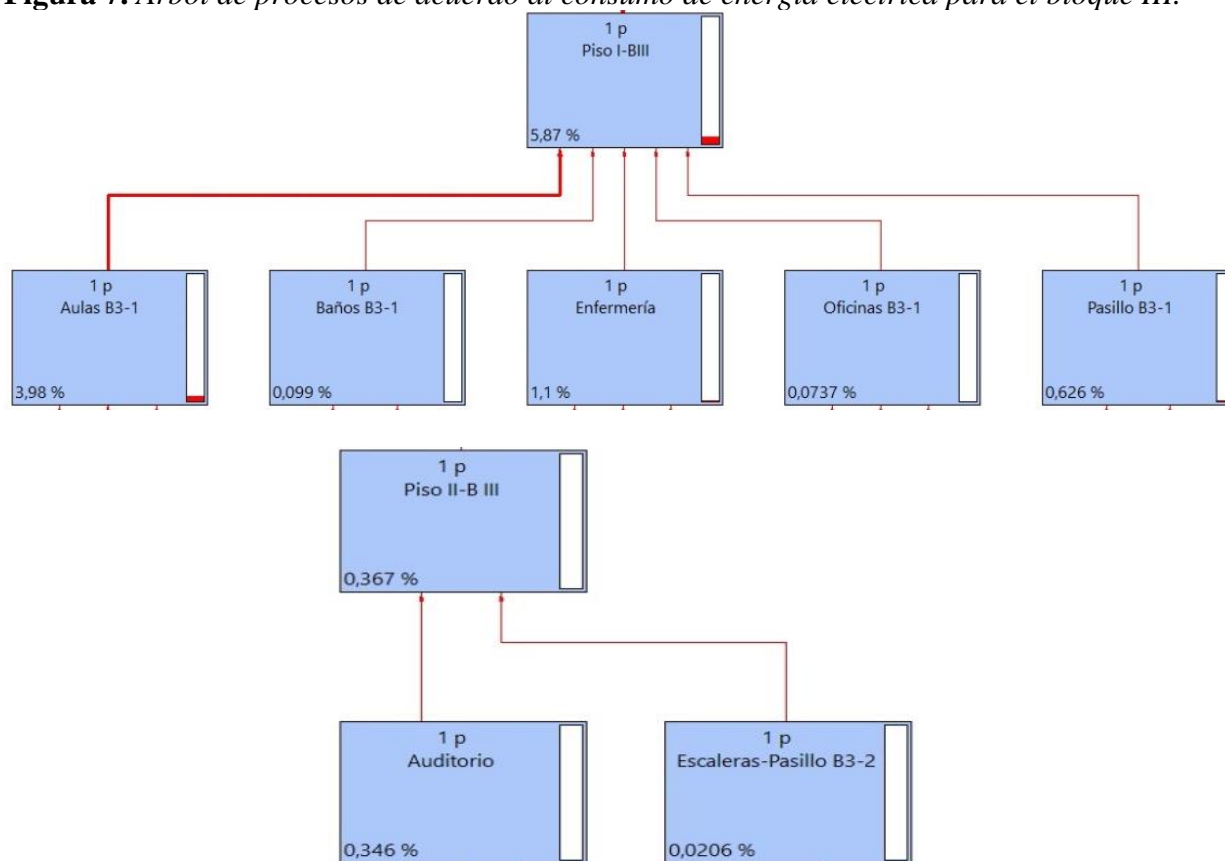


Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 6. *Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica para el bloque II.*



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 7. *Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica para el bloque III.*

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

4.1.4 Emisiones asociadas de gases de efecto invernadero (GEI) en el año 2018

Teniendo en cuenta la lista de equipos eléctricos con sus respectivos consumos de potencia se realiza el análisis del inventario de ciclo de vida (ICV) asociado a las emisiones GEI a fin de evaluar el impacto ambiental potencial (IAP) en cada bloque durante el año 2018 (Tabla 6), la cual describe los impactos ambientales asociados al consumo de acuerdo a la matriz energética colombiana (inorgánicos respiratorios, calentamiento global y energía no renovable), de este modo, la contribución porcentual para la primera categoría corresponde al 16,4% por el bloque I, del 77,2% por el bloque II y del 6,5% para por el bloque III; para la segunda categoría la contribución equivale a 16,7% por el bloque I, del 77,2% por el bloque II y del 6,1% para por el

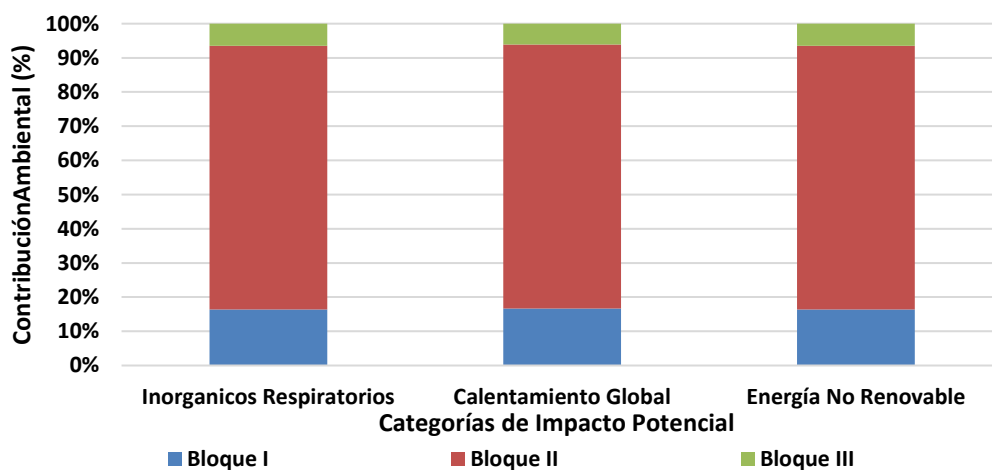
bloque III y finalmente para la última categoría de impacto la contribución equivale a 16,4% por el bloque I, del 77,2% por el bloque II y del 6,5% para por el bloque III (Figura 8).

Tabla 6. Evaluación del impacto ambiental a partir de la caracterización de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año 2018

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total
Inorgánicos Respiratorios	kg PM2.5 eq	0,0643	16,4	0,3029	77,2	0,0253	6,5	0,3925
Calentamiento Global	kg CO2 eq	355,9700	16,7	1647,668	77,2	131,1040	6,1	2134,743
Energía No Renovable	MJ primary	1452,083	16,4	6844,370	77,2	572,701	6,5	8869,155

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 8. Categorías de impacto potencial Vs Contribución porcentual año 2018 asociado al consumo de energía eléctrica.



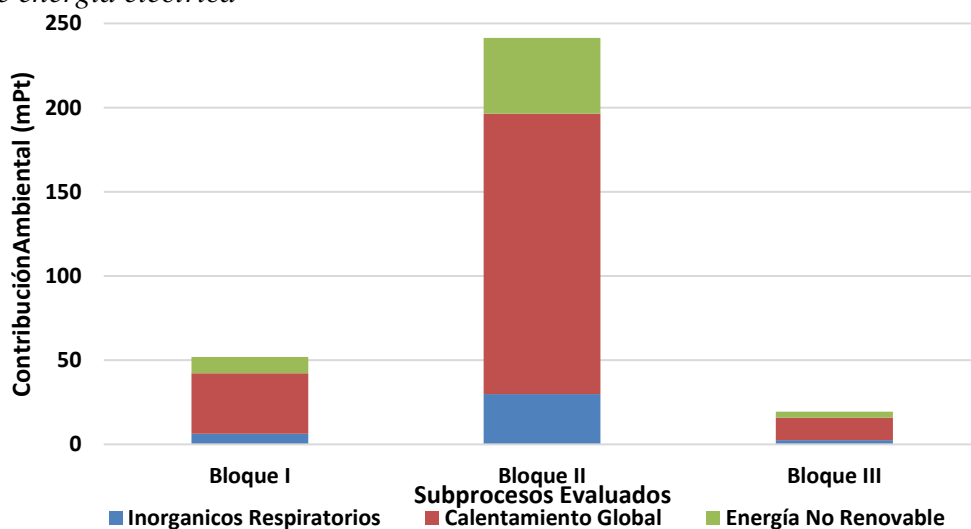
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Así mismo, desde la perspectiva particular se analiza el impacto ambiental de forma ponderada a fin de indicar la carga ambiental promedio anual de un ciudadano (mPt) con el fin de calcular el impacto ambiental potencial (IAP) de cada categoría durante el año 2018 (Tabla 7 y Figura 9).

Tabla 7. Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año 2018

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total	%IAP Total
Inorgánicos Respiratorios	mPt	6,343	12,2	29,898	12,4	2,502	12,8	63,364	12,4
Calentamiento Global	mPt	35,953	69,3	166,415	69,0	13,242	67,9	353,900	68,9
Energía No Renovable	mPt	9,555	18,4	45,036	18,7	3,768	19,3	95,447	18,7

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 9. Categorías de impacto potencial por subprocesos Vs % IAP año 2018 asociado al consumo de energía eléctrica

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Por lo anterior, se establece que IAP asociado a consumo de energía eléctrica total de la institución educativa para la primera categoría Inorgánicos respiratorios corresponde al 12,4%, la segunda categoría calentamiento global equivale al 68,9% y finalmente la tercera categoría energía no renovable equivale al 18,7%, aspectos que permiten inferir que la categoría de mayor impacto ambiental potencial (IAP) en cada uno de los bloques es la asociada al calentamiento global, así como también; las zonas del bloque estructural II contribuyen al aumento de los efectos asociados a este aspecto.

Cabe considerar, por otra parte un análisis más concienzudo de las sustancias químicas contaminante asociadas a las emisiones GEI para cada una de las categorías de impacto relacionadas con el consumo de energía eléctrica. Inicialmente, considerando la categoría Inorgánicos respiratorios se puede evaluar que la sustancia contaminante de mayor incidencia es el óxido de nitrógeno con una concentración del 99,1537% (Tabla 8). Así mismo, en la categoría calentamiento global la sustancia contaminante predominante es el dióxido de carbono con una concentración del 83,9869% (Tabla 9). Por último, en la categoría energía no renovable, se presentan la incidencia de ciertas materias primas contaminantes, por ejemplo; el carbón con una participación del 76,9% y el gas natural con un 22,7% (Tabla 10).

Tabla 8. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios, año 2018*

Sustancia (kg PM2.5 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Nitrogen oxides	0,06372185	0,30035177	0,02513186	3,89E-01	99,1537
Particulates, < 2.5 um	4,78E-07	2,25E-06	1,88E-07	2,92E-06	0,0007
Sulfur dioxide	0,00054339	0,00256125	0,00021431	3,32E-03	0,8455

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Tabla 9. *Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global, año 2018*

Sustancia (kg CO2 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Carbon dioxide	300,00332	1383,8709	109,03077	1792,9049	83,9869
Carbon dioxide, fossil	4,6460381	21,899015	1,8323949	28,37744	1,3293
Carbon dioxide, land transformation	34,043874	160,46517	13,426886	207,9359	9,7406
Carbon monoxide, fossil	0,0266580	0,12565228	0,01051392	0,1628242	0,0076
Dinitrogen monoxide	0,0314637	0,14830373	0,01240928	0,1921767	0,0090
Methane	9,2510959	43,60487	3,6486272	56,504593	2,6469
Methane, biogenic	7,8786558	37,135899	3,1073376	48,121892	2,2542
Methane, fossil	0,0889210	0,41912785	0,035070424	0,54311934	0,0254

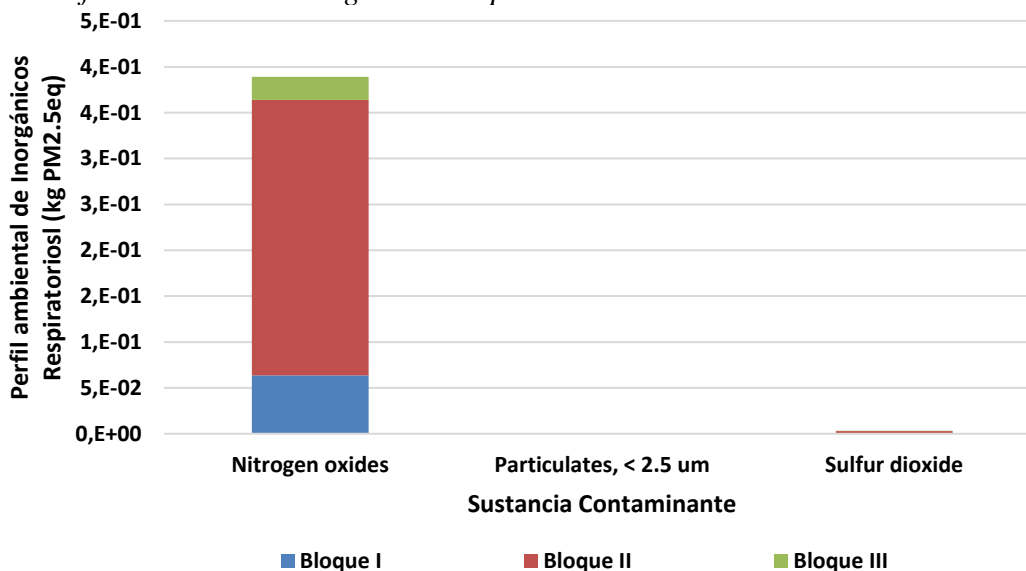
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Tabla 10. Evaluación de las sustancias (materia prima) asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable, año 2018

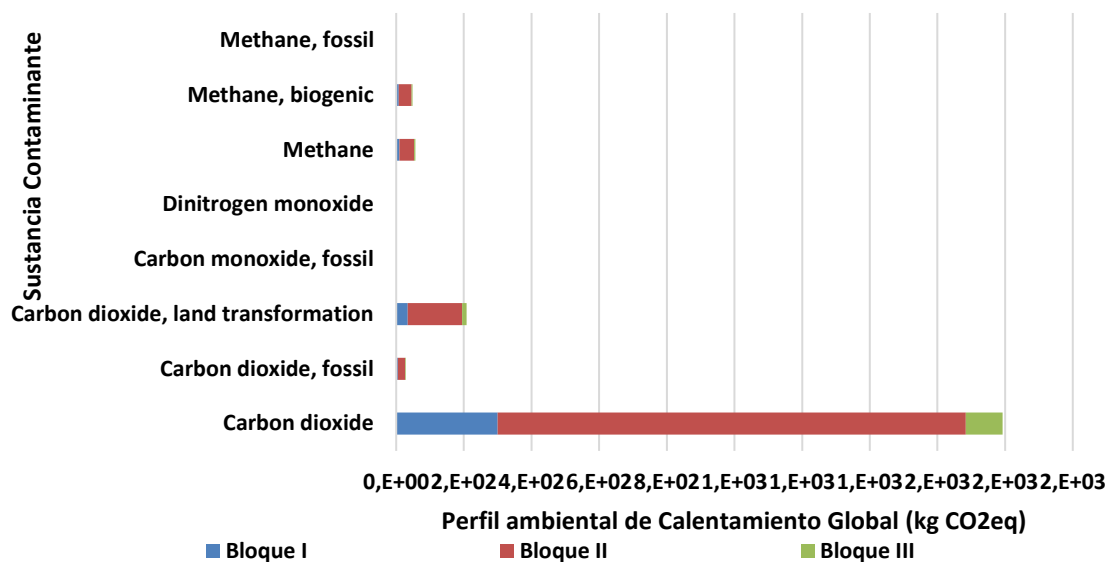
Sustancia (kg CO2 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Coal, 29.3 MJ per kg	1116,1518	5260,961	440,20968	6817,322	76,9
Gas, natural, 30.3 MJ per kg	329,3193	1552,2404	129,88335	2011,443	22,7
Gas, natural, 35 MJ per m3	6,6128144	31,169379	2,6080904	40,39028	0,5

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

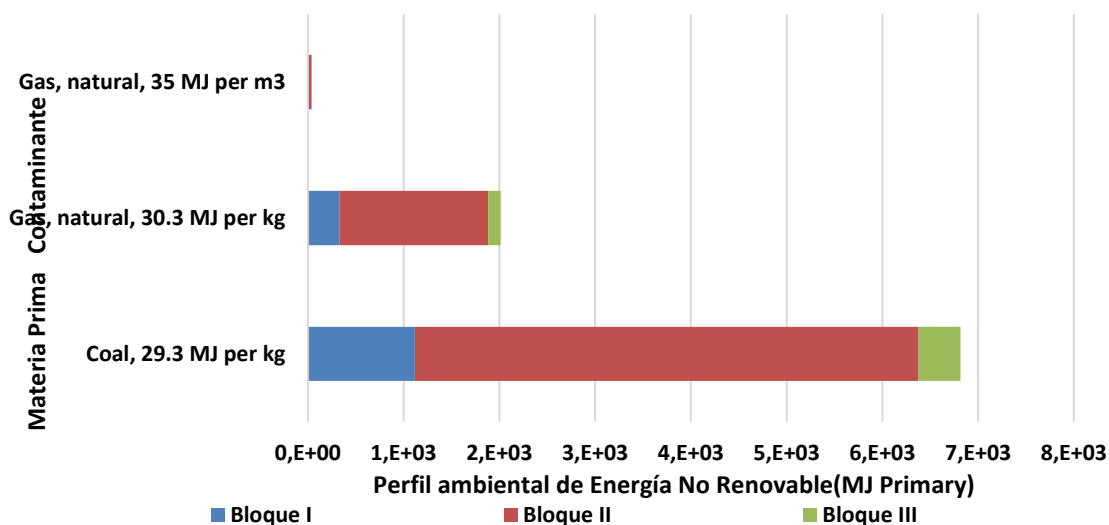
Los perfiles ambientales asociados a cada una de estas categorías, se presentan en la Figura 10, Figura 11 y Figura 12, respectivamente. Los cuales permiten evaluar que el bloque II es la zona de mayor participación en la emisión de estas sustancias asociadas a las emisiones de GEI.

Figura 10. Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante año 2018

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 11. Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante año 2018

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 12. Perfil ambiental de energía no renovable Vs Materia prima contaminante año 2018

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Por último, al analizar la contribución de la energía eléctrica de acuerdo a los subprocesos que se plantean, se puede concluir que el bloque II representa un consumo en toda la institución educativa correspondiente al 77%, seguido del bloque I que representa un 17% y finalmente el

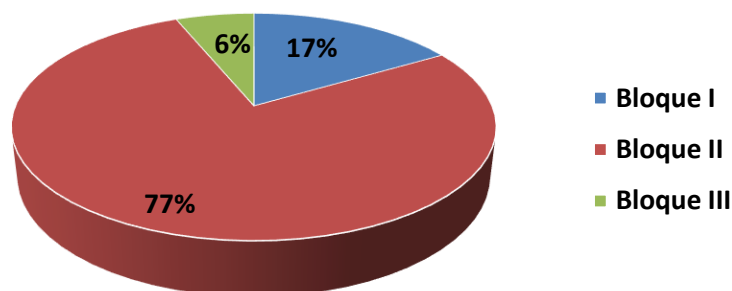
bloque III cuyo requerimiento es de 6%. Estos resultados se representan en la Tabla 11, así como también en la Figura 13.

Tabla 11. *Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período año 2018*

Requerimiento	Bloque I	% Req Bloque I	Bloque II	% Req Bloque II	Bloque III	% Req Bloque III	Total
Energía Eléctrica	0,052062	17	0,242347	77	0,019595	6	0,314005

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 13. *Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período año 2018*



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

4.2 Estrategias pedagógicas adoptadas con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica en la institución.

Durante el primer semestre del año 2019, específicamente durante los meses de marzo, abril y mayo, se evalúa el impacto ambiental global de acuerdo a estrategias propuestas a partir del análisis preliminar realizado durante el mismo período del año 2018. En la cual se establecen, actividades pedagógicas con apoyo del grupo de educandos pertenecientes al semillero ambiental de la institución y asociadas a los planteamientos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para las instituciones educativas relacionados con el desarrollo del proyecto ambiental escolar (PRAE).

4.2.1 Introducción

El uso adecuado y eficiente de la energía eléctrica a partir de la formulación y desarrollo de estrategias pedagógicas y didácticas, ha permitido transversalizar los lineamientos planteados por el MEN (particularmente el asociado con integrar el enfoque del programa de uso y ahorro de agua y energía establecido en la ley 373 de 1997) con el proyecto ambiental escolar, con el objetivo de reducir los impactos ambientales y crear conciencia ambiental en la comunidad educativa.

Por lo tanto, se promueven buenas prácticas ambientales enfocadas al uso eficiente de equipos que funcionan con energía eléctrica a fin de reducir el consumo sin afectar la iluminación de los puestos de trabajo o desmejorar el ambiente escolar en los educandos y docentes. De la misma manera, se tiene en cuenta que durante esta etapa de estudio en el GSEB la investigación se realizó con la participación activa del personal administrativo, docentes y educandos (1033 estudiantes y 78 personas de la planta operativa). De acuerdo a lo anterior, los resultados se describen a continuación.

4.2.2 Perfil de consumo de energía eléctrica de acuerdo a las estrategias pedagógicas adoptadas durante el período A-2019

Se definieron medidas pedagógicas con el fin de promover el uso racional y eficiente de la energía eléctrica en las aulas de clase y otras dependencias de la institución educativa. Las estrategias se establecieron a partir del uso eficiente de equipos eléctricos y la promoción de buenas prácticas ambientales asociadas a la reducción de los impactos al medio ambiente y el consumo de energía eléctrica. Para ello, se estableció inicialmente la reducción temporal de consumo de equipos eléctricos y luminarias sin que esto afecte el desempeño académico y laboral del personal administrativo, educandos y docentes. Esta estrategia permite el cumplimiento de los ODS,

específicamente el objetivo 13, ya que se propusieron planes de acción y se promovieron políticas institucionales para sensibilizar a la comunidad educativa en la mitigación de los efectos que tienen las emisiones GEI en el cambio climático.

El perfil de consumo de energía eléctrica de acuerdo a los registros de las empresas ESSA y *Vatia* para la institución durante el año 2019 se presentan en la Tabla 12, así como también; se realiza modificación en el inventario de equipos eléctricos y sus respectivos consumos de potencia mensual de acuerdo a la reducción de horas de consumo (ver Apéndice B) tras la implementación de estrategias pedagógicas asociadas al proyecto ambiental escolar (PRAE). Esto se realizó durante los meses de marzo, abril y mayo del año 2019; a este período se denominará A-2019.

Tabla 12. *Consumo de energía año 2019.*

Empresa	Vatia		ESSA	Consumo Total	Consumo Energía
	Activa (Kwh)	Reactiva (Kwh)	Activa (Kwh)	Activa (Kwh)	(kVa-h)
Enero	1992	1043	1480	3472	3625
Febrero	3356	1622	4772	8128	8288
Marzo	3660	1981	5772	9432	9638
Abril	3004	1642	4609	7613	7788
Mayo	4198	2301	5522	9720	9989
Junio	2477	1470	4616	7093	7244
Julio	3081	1689	3896	6977	7179
Agosto	3327	1734	4835	8162	8344
Septiembre	3468	1604	5086	8554	8703
Octubre	3124	1596	4962	8086	8242
Noviembre	2534	1302	4814	7348	7462

4.2.3 Emisiones asociadas de gases de efecto invernadero (GEI) en el período A-2019

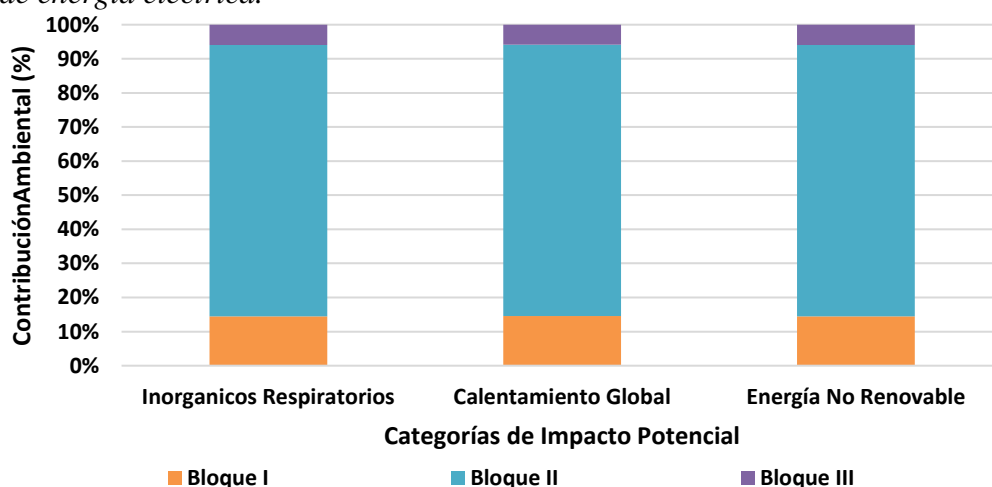
A partir del inventario modificado para esta etapa del proyecto (A-2019), se realiza el análisis del inventario de ciclo de vida (ICV) asociado a las emisiones GEI a fin de evaluar el impacto ambiental potencial (IAP) en cada bloque, en la Tabla 13 se presentan los IAP asociados al consumo de energía eléctrica (inorgánicos respiratorios, calentamiento global y energía no renovable). De la misma manera, la contribución porcentual de cada una de las categorías antes mencionadas se presenta en la Figura 14.

Tabla 13. Evaluación del impacto ambiental a partir de la caracterización de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año A-2019

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total
Inorgánicos Respiratorios	kg PM2.5 eq	0,0575	14,4	0,3169	79,6	0,0237	6,0	0,3982
Calentamiento Global	kg CO2 eq	309,0499	14,5	1690,5700	79,6	125,5103	5,9	2125,1303
Energía No Renovable	MJ primary	1300,0074	14,4	7160,6620	79,6	535,9884	6,0	8996,6578

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 14. Categorías de impacto potencial Vs Contribución porcentual año A-2019 asociado al consumo de energía eléctrica.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

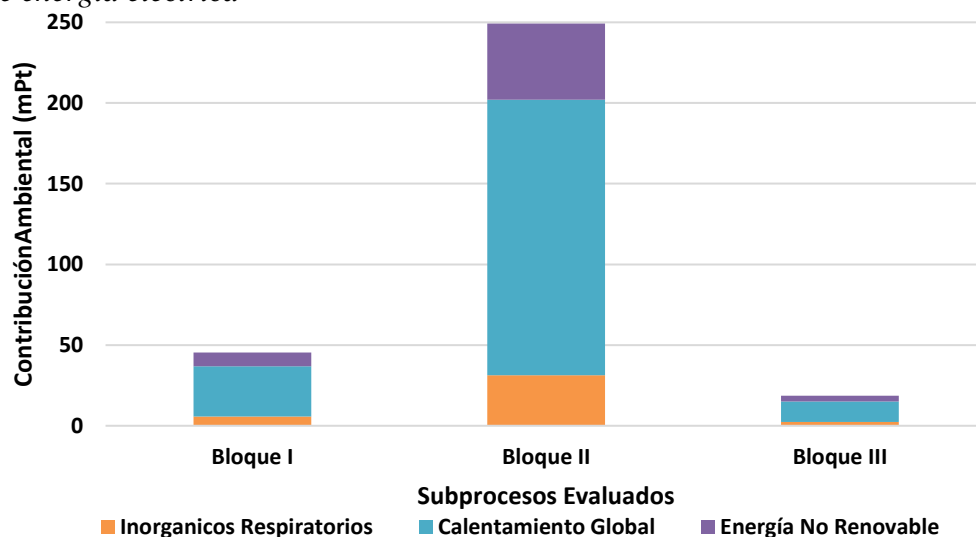
Adicionalmente para el período A-2019, la ponderación de las categorías de impacto corresponde a los resultados mostrados en la Tabla 14 cuya representación es la Figura 15.

Tabla 14. Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año A-2019

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total	%IAP Total
Inorgánicos Respiratorios	mPt	5,6787	12,5	31,2794	12,6	2,3413	12,6	64,349	12,6
Calentamiento Global	mPt	31,2140	68,7	170,7476	68,5	12,6765	68,4	351,854	68,5
Energía No Renovable	mPt	8,5540	18,8	47,1172	18,9	3,5268	19,0	96,932	18,9

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 15. Categorías de impacto potencial por subprocesos Vs % IAP año A-2019 asociado al consumo de energía eléctrica



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

De acuerdo a los resultados anteriores, se evalúa que la categoría de impacto ambiental potencial (IAP) que más afecta las emisiones GEI en cada uno de los bloques es la asociada al

calentamiento global. Por lo tanto, teniendo en cuenta el análisis preliminar, esta afectación persiste, sin embargo; en menor proporción.

Además, la evaluación de las sustancias contaminantes asociados a las emisiones GEI para cada una de las categorías de impacto relacionadas con el consumo de energía eléctrica permiten establecer que para la categoría inorgánicos respiratorios persisten las mismas sustancias en la misma proporción de contribución (Tabla 15), así como también; para la categoría de calentamiento global (Tabla 16) y energía no renovable (Tabla 17).

Tabla 15. Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios, año A-2019

Sustancia (kg PM2.5 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Nitrogen oxides	0,05704827	0,31423158	0,0235208	3,95E-01	99,1537
Particulates, < 2.5 um	4,28E-07	2,36E-06	1,76E-07	2,96E-06	0,0007
Sulfur dioxide	0,00048648	0,00267961	0,00020057	3,37E-03	0,8455

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Tabla 16. Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global, año A-2019

Sustancia (kg CO2 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Carbon dioxide	258,9446	1414,5813	104,85207	1778,3779	83,6832
Carbon dioxide, fossil	4,1594592	22,911009	1,7149302	28,785398	1,3545
Carbon dioxide, land transformation	30,478464	167,88057	12,566162	210,92519	9,9253
Carbon monoxide, fossil	0,0238661	0,13145891	0,009839935	0,16516501	0,0078
Dinitrogen monoxide	0,0281685	0,15515712	0,011613789	0,19493945	0,0092
Methane	8,2822301	45,619932	3,4147339	57,31689	2,6971
Methane, biogenic	7,0535254	38,852018	2,9081433	48,813686	2,2970
Methane, fossil	0,0796083	0,43849653	0,032822253	0,55092716	0,0259

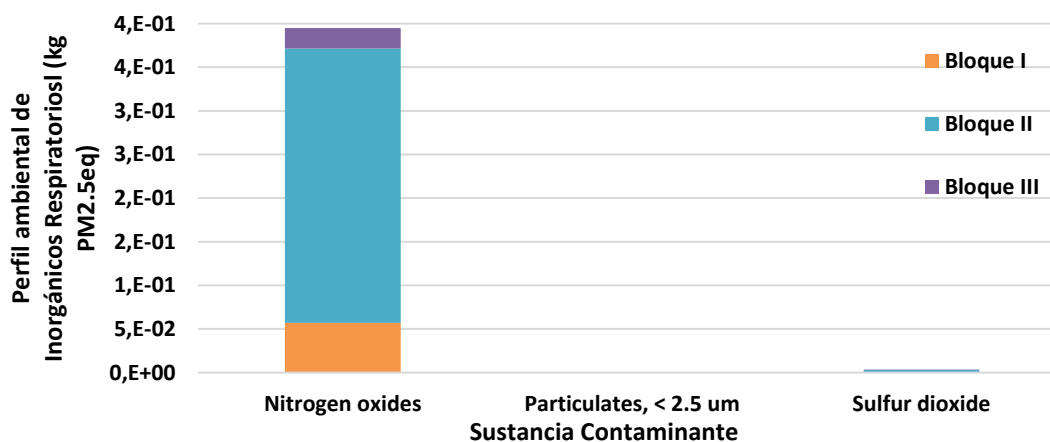
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Tabla 17. Evaluación de las sustancias (materia prima) asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable, año A-2019

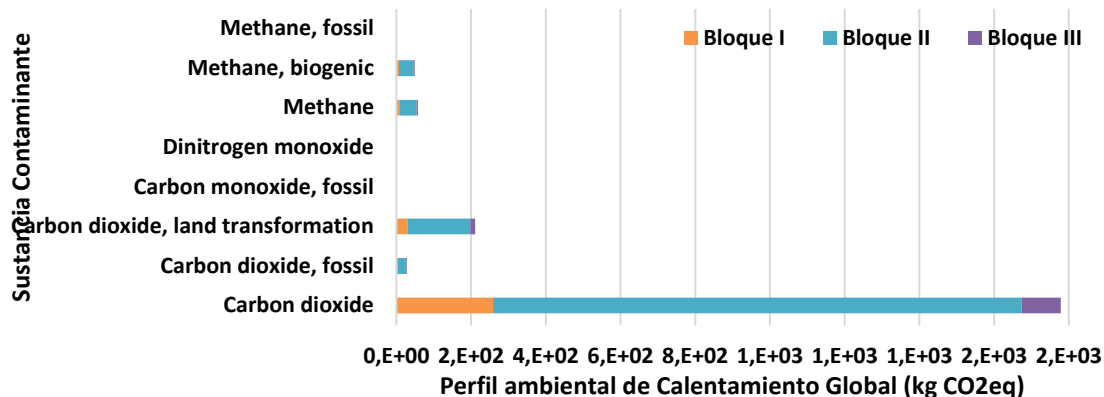
Sustancia (kg CO2 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Coal, 29.3 MJ per kg	999,25741	5504,0798	411,99026	6817,3225	76,9
Gas, natural, 30.3 MJ per kg	294,82974	1623,9724	121,55725	2011,4431	22,7
Gas, natural, 35 MJ per m3	5,9202554	32,609774	2,4409002	40,390284	0,5

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

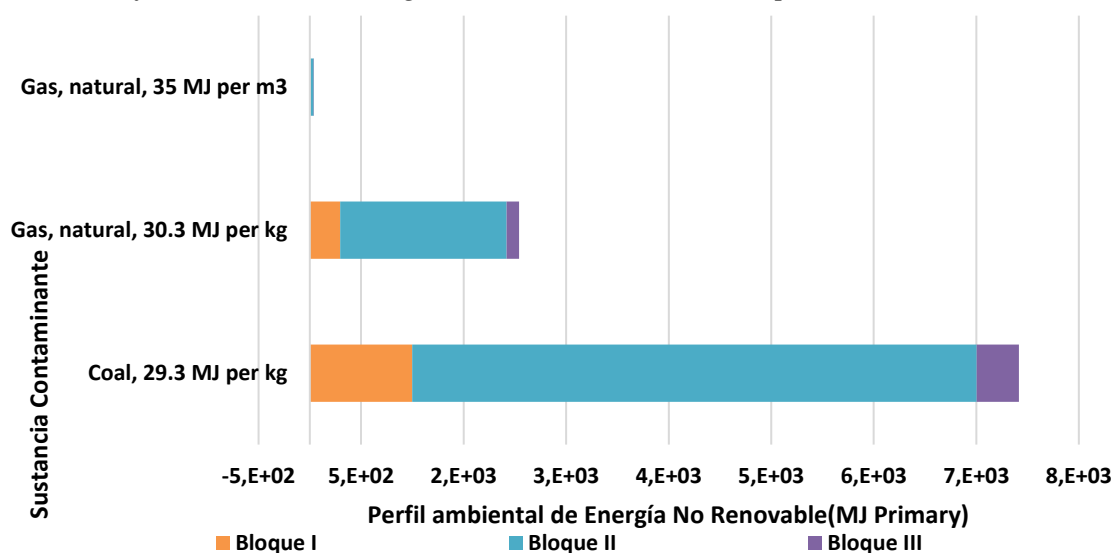
Así mismo, los perfiles ambientales asociados a cada una de estas categorías, se presentan en la Figura 16, Figura 17 y Figura 18, respectivamente. Los cuales permiten evaluar que el bloque II es la zona de mayor participación en la emisión de estas sustancias asociadas a las emisiones de GEI.

Figura 16. Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante año A-2019

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 17. Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante año A-2019

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 18. Perfil ambiental de energía no renovable Vs Materia prima contaminante año A-2019

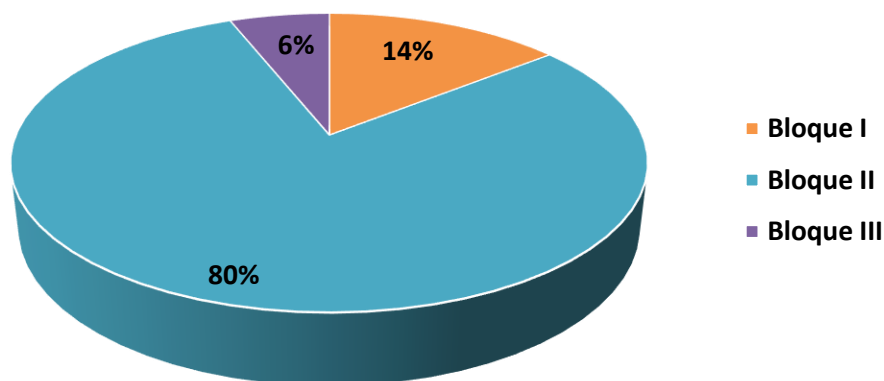
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Por último, la contribución de energía eléctrica en cada uno de los subprocesos que se plantean, para este período de tiempo (A-2019), donde se implementan estrategias pedagógicas asociadas a la educación ambiental, se puede concluir que el requerimiento aumenta respecto al año 2018 en el bloque II, dado que es la zona estructural de la institución donde se concentra la prestación del servicio educativo. Los resultados obtenidos se aprecian en la Tabla 18 y Figura 19

Tabla 18. *Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período A-2019*

Requerimiento	Bloque I	% Req Bloque I	Bloque II	% Req Bloque II	Bloque III	% Req Bloque III	Total
Energía Eléctrica	0,0477489	14	0,264578	80	0,020112	6,0	0,332439

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 19. *Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período A-2019*

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

De acuerdo a estos resultados se registra un incremento en los consumos, sin embargo; es importante resaltar que el comparativo entre estos dos periodos de tiempo son afectados por variables tales como: aumento de matrículas de educandos y aumento de personal docente (ver Tabla 19). Entonces, este aumento no es debido a malas prácticas ambientales, sino ocasionadas al consumo de energía eléctrica asociado a la cantidad de usuarios que emplean equipos eléctricos.

Tabla 19. *Cantidad de personas que prestan y reciben el servicio educativo en la institución durante los años 2018 y 2109*

Meses a Analizar	Cantidad Estudiantes		Cantidad Personal		Cantidad Total Comunidad Educativa	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Marzo, Abril y Mayo	830	1.033	70	78	900	1.111
Julio, Agosto, Septiembre y Octubre	824	1.029	70	78	894	1107

Secretaría Académica GSEB.

4.3 Sustitución de equipos y luminarias por unas más eficientes con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica en la institución.

Durante el segundo semestre del año 2019, específicamente durante el mes de julio se realiza revisión periódica de los aires acondicionados y equipos de impresión (impresoras y fotocopiadoras), lo que permite determinar los cambios necesarios de los que presentan fallas. Así mismo, se realiza cambio de las luminarias halógenas por tipo LED. Una vez realizadas estas modificaciones, se evalúa el impacto ambiental potencial (IAP) durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre a fin de realizar un comparativo entre cada uno de los análisis del inventario de ciclo de vida (ICV) asociado a las emisiones GEI realizado durante el año 2018 y 2019.

4.3.1 Introducción

El aumento del rendimiento energético de una empresa está ligado a la gestión de la energía la cual usa constantemente capacitación del recurso humano y herramientas tecnológicas (STEEEP, 2017). En Colombia, el plan de acción indicativo de eficiencia energética (PAI) 2017 - 2022, propone disminuir a 2022 el consumo energético en 9% implementado, entre otros, proyectos de FNCER. Dentro de las políticas adoptadas para estos planes, se encuentran los beneficios tributarios establecidos en la ley que regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional (Ley 1715 de 2014) (Congreso de Colombia., 2014).

En la institución educativa se lleva a cabo la optimización del sistema de iluminación realizando el cambio de luminarias halógenas (poseen vapor de mercurio en su interior) por tipo LED. Para ello se realizó un nuevo diseño del sistema de iluminación en las distintas áreas de trabajo de la institución, aulas de clase y espacios administrativos, donde, adicional a la reducción

de costos por el consumo de energía eléctrica, se obtienen otros beneficios: menor mantenimiento de equipos de iluminación y optimización de condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo.

4.3.2 Perfil de consumo de energía eléctrica de acuerdo al cambio luminarias y aire acondicionado adoptadas durante el período B-2019

Se realiza un nuevo perfil de consumo de energía eléctrica de acuerdo a los cambios realizados principalmente en luminarias, en revisión técnica de aires acondicionados y dispositivos de impresión (fotocopiadoras e impresoras) a fin de establecer cuáles son los equipos eléctricos averiados para justificar el cambio de los mismos por unos más eficientes y amigables con el medio ambiente. Por lo tanto, en el Apéndice C se presenta el inventario de equipos eléctricos y sus respectivos consumos de potencia mensual solamente para el bloque I y el bloque II dado que en el bloque III no se realiza ninguna modificación. Así mismo, es conveniente describir que el período B-2019 corresponde a los meses de julio, agosto, septiembre y octubre.

4.3.3 Emisiones asociadas de gases de efecto invernadero (GEI) en el período B-2019

De acuerdo al inventario de ciclo de vida (ICV) en esta etapa final, se realiza la evaluación de impacto asociado al período del año B-2019 (Tabla 20), en la cual se presentan las categorías de impacto ambiental, inorgánicos respiratorios, calentamiento global y energía no renovable con su respectiva contribución porcentual (Figura 20).

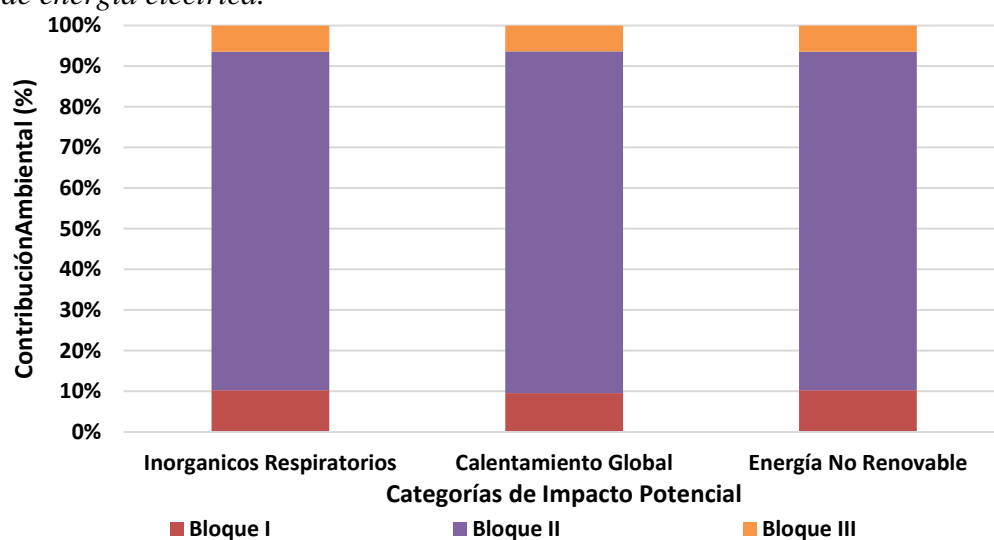
Tabla 20. *Evaluación del impacto ambiental a partir de la caracterización de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año B-2019*

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total
Inorgánicos Respiratorios	kg PM2.5 eq	0,0382	10,3	0,3093	83,3	0,0237	6,4	0,3713

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	188,8725	9,6	1656,4123	84,0	125,5103	6,4	1970,7951
Energía No Renovable	MJ primary	863,7973	10,3	6989,4020	83,3	535,9884	6,4	8389,1877

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 20. Categorías de impacto potencial Vs Contribución porcentual año B-2019 asociado al consumo de energía eléctrica.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Adicionalmente para el período B-2019, los resultados del impacto ambiental potencial (IAP) de cada categoría corresponden a los resultados mostrados en la Tabla 21 y se representan en la Figura 21.

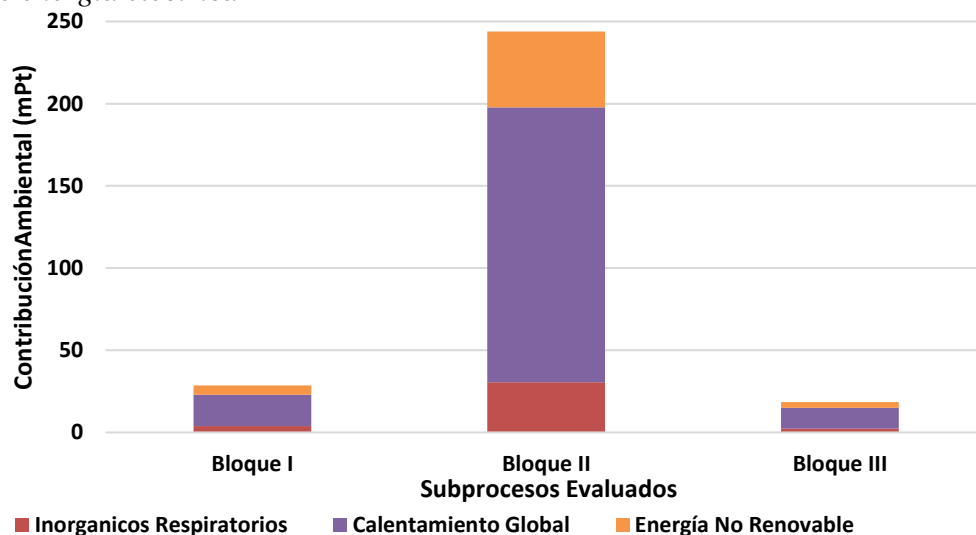
Tabla 21. Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana del año B-2019

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total	%IAP Total
Inorgánicos Respiratorios	mPt	3,7733	13,2	30,5313	12,5	2,3413	12,6	36,646	12,6
Calentamiento Global	mPt	19,0761	66,9	167,2976	68,6	12,6765	68,4	199,050	68,4

Categoría de impacto	Unidad	Bloque I	% Bloque I	Bloque II	% Bloque II	Bloque III	% Bloque III	Total	%IAP Total
Energía No Renovable	mPt	5,6838	19,9	45,9903	18,9	3,5268	19,0	55,201	19,0

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 21. Categorías de impacto potencial por subprocesos Vs % IAP año B-2019 asociado al consumo de energía eléctrica



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Además, la evaluación de las sustancias contaminantes asociados a las emisiones GEI para cada una de las categorías de impacto relacionadas con el consumo energético permiten establecer que para la categoría inorgánicos respiratorios persisten las mismas sustancias en la misma proporción de contribución (Tabla 22), así como también; para la categoría de calentamiento global (Tabla 23) y energía no renovable (Tabla 24). De la misma manera, los perfiles ambientales asociados a cada una de estas categorías, se representan en la Figura 22, Figura 23 y Figura 24, respectivamente.

Tabla 22. Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios, año B-2019

Sustancia (kg PM2.5 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Nitrogen oxides	0,03790605	0,30671618	0,0235208	3,68E-01	99,1537
Particulates, < 2.5 um	2,84E-07	2,30E-06	1,76E-07	2,76E-06	0,0007
Sulfur dioxide	0,00032324	0,00261552	0,00020057	3,14E-03	0,8455

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Tabla 23. Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global, año B-2019

Sustancia (kg CO2 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Carbon dioxide	155,5797	1387,0244	104,85207	1647,4561	83,5935
Carbon dioxide, fossil	2,7637764	22,363051	1,7149302	26,841757	1,3620
Carbon dioxide, land transformation	20,251589	163,8654	12,566162	196,68315	9,9799
Carbon monoxide, fossil	0,0158580	0,12831483	0,009839935	0,15401277	0,0078
Dinitrogen monoxide	0,0187167	0,15144626	0,011613789	0,18177679	0,0092
Methane	5,503175	44,52885	3,4147339	53,446758	2,7119
Methane, biogenic	4,6867552	37,922803	2,9081433	45,517701	2,3096
Methane, fossil	0,0528962	0,4280091	0,032822253	0,51372759	0,0261

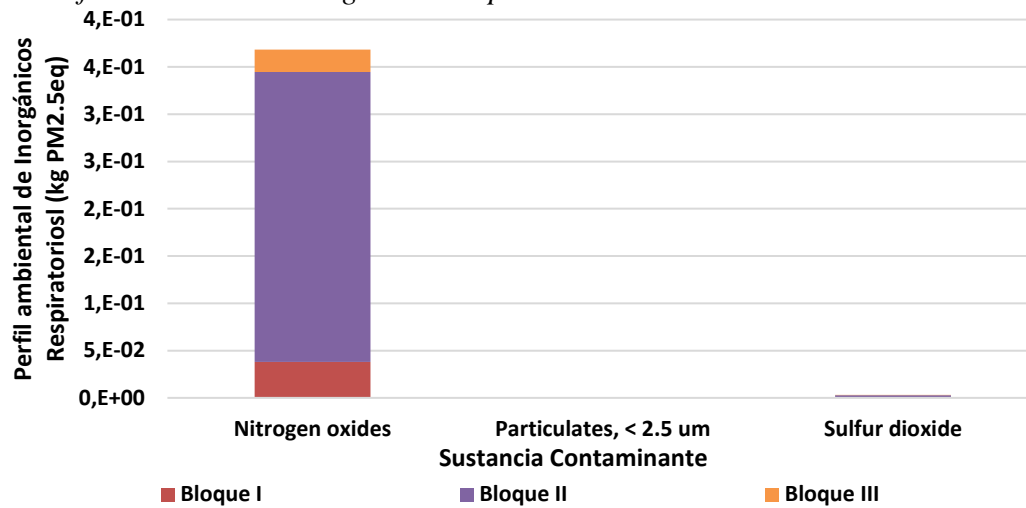
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Tabla 24. Evaluación de las sustancias (materia prima) asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable, año B-2019

Sustancia (kg CO2 eq)	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Total	% Concentración Total
Coal, 29.3 MJ per kg	663,96228	5372,44	411,99026	6817,3225	76,9
Gas, natural, 30.3 MJ per kg	195,9013	1585,1322	121,55725	2011,4431	22,7
Gas, natural, 35 MJ per m3	3,9337474	31,829853	2,4409002	40,390284	0,5

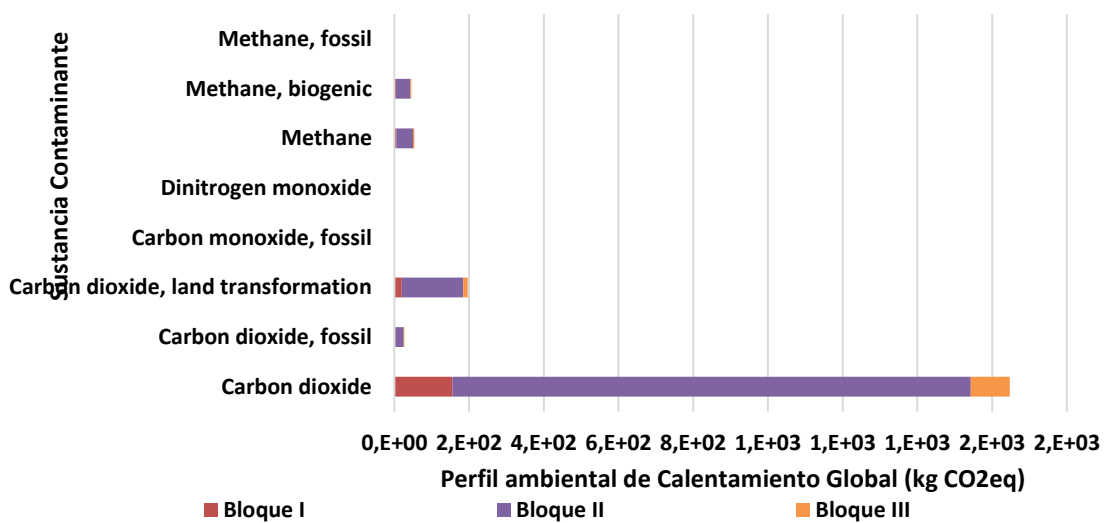
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 22. Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante año B-2019

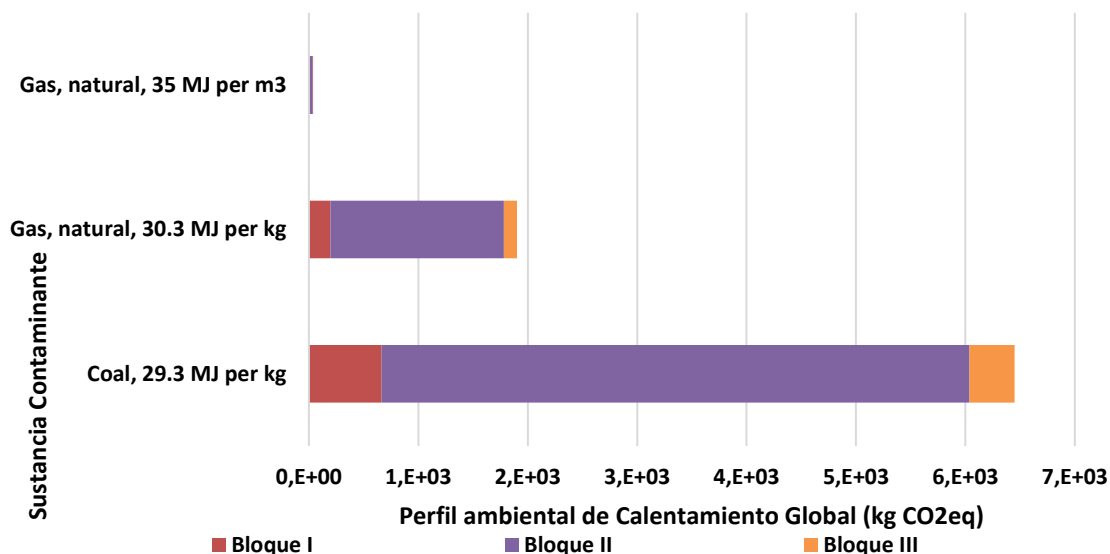


Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 23. Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante año B-2019



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 24. Perfil ambiental de energía no renovable Vs Materia prima contaminante año B-2019

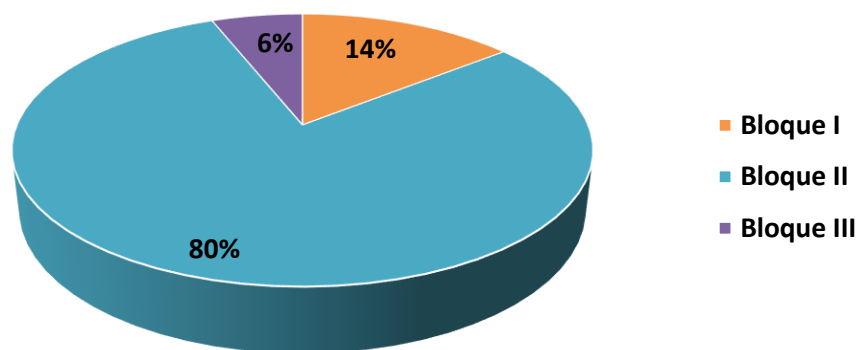
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Por último, la contribución de energía eléctrica en cada uno de los subprocesos que se plantean, para este período de tiempo (B-2019), donde se establecen cambios en las luminarias y revisión de equipos eléctricos de alto consumo de potencia (fotocopadoras y aires acondicionados), se puede concluir que el requerimiento del período B-2019 disminuye respecto al periodo evaluado A-2019. Los resultados obtenidos se aprecian en la Tabla 25 y la Figura 25.

Tabla 25. Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período B-2019

Requerimiento	Bloque I	% Req Bloque I	Bloque II	% Req Bloque II	Bloque III	% Req Bloque III	Total
Energía Eléctrica	0,0286593	10	0,2448397	84	0,01862293	6,4	0,292122

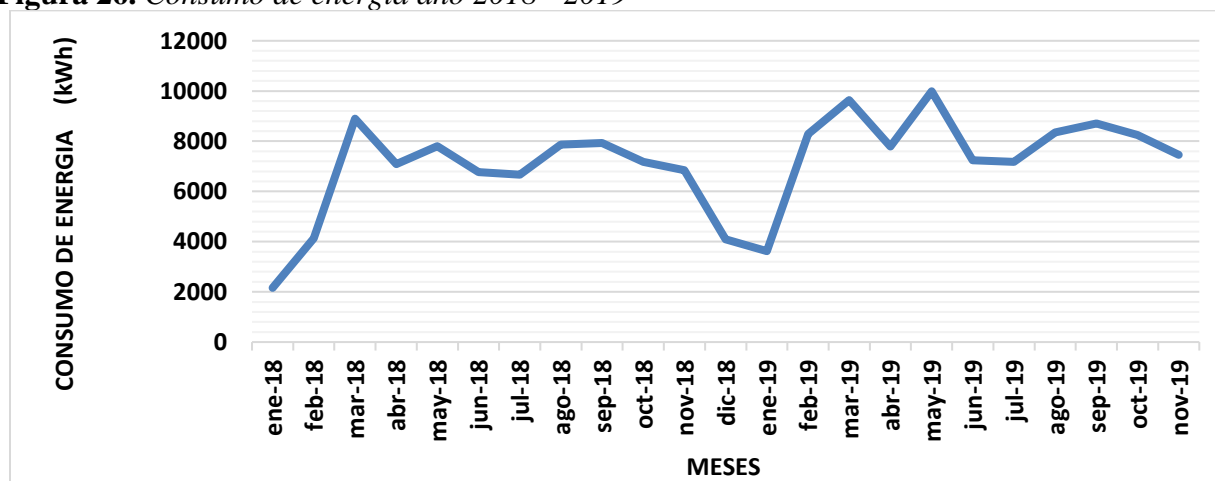
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 25. *Requerimiento de energía eléctrica por bloques estructurales en el período B-2019*

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

4.4 Evaluación ambiental de las estrategias adoptadas.

Teniendo en cuenta que el consumo mensual de energía (kWh) durante 23 meses, entre enero/2018 y nov/2019 (ver Figura 26). Se observa que el mayor valor se obtuvo en el mes de mayo de 2019 y el menor consumo en los meses de diciembre y enero, fecha que coincide con el receso de vacaciones de final de año. No se consideró el consumo del año 2020, puesto que fue un año atípico debido a la emergencia sanitaria mundial propiciada por el COVID 19, restringiendo la movilidad del equipo administrativo, docentes, educandos y personal de apoyo hacia la institución.

Figura 26. *Consumo de energía año 2018 - 2019*

Teniendo en cuenta estos registros, el comparativo de consumo per cápita de energía eléctrica durante los meses de la etapa preliminar y el mismo periodo de tiempo teniendo en cuenta la implementación de estrategias pedagógicas y cambios de luminarias y el aire acondicionado por tecnologías más eficientes, se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26. *Perfil de consumo per cápita en cada uno de los períodos*

Mes	2018		Mes	2019		% de Disminución
	Consumo mensual (kWh)	Promedio de consumo per cápita (kWh)		Consumo mensual (kWh)	Promedio de consumo per cápita (kWh)	
Marzo	8895	8,809	Marzo	9638	8,225	6,62
Abril	7087		Abril	7788		
Mayo	7801		Mayo	9989		
Julio	6672	8,233	Julio	7179	7,306	11,26
Agosto	7860		Agosto	8344		
Septiembre	7934		Septiembre	8703		
Octubre	7173		Octubre	8242		

Así mismo, en las siguientes secciones se describe el análisis ambiental y financiero de las estrategias adoptadas para la disminución del consumo de energía eléctrica.

4.4.1 *Análisis del impacto ambiental potencial de las estrategias adoptadas*

Teniendo en cuenta el análisis del perfil de consumo de la institución educativa en las tres fases descritas (etapa preliminar, estrategia pedagógica y sustitución de equipos), se evalúa el impacto ambiental comparando estos tres periodos a fin de establecer el impacto per cápita por cada persona que hace parte de la comunidad educativa (personal administrativo, docentes y educandos). Los resultados del impacto ambiental potencial (IAP) a partir de la carga ambiental promedio anual de un ciudadano (mPt) en cada una de las categorías durante cada período de

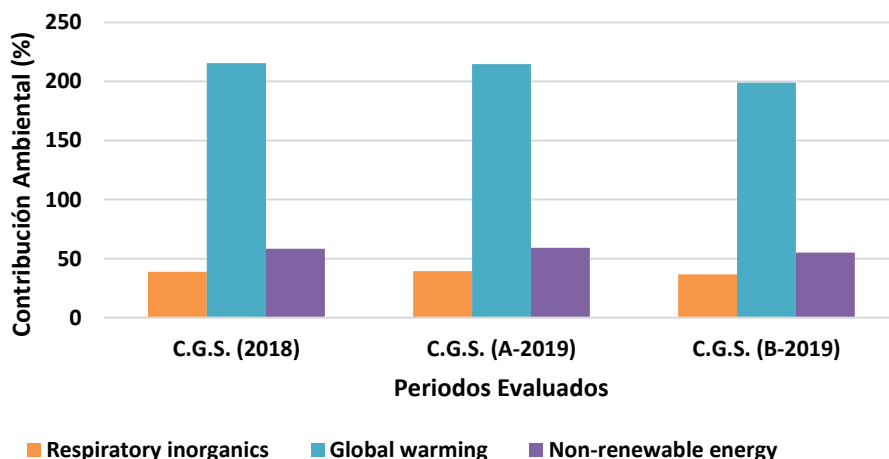
tiempo y su respectivo per cápita del impacto ambiental se presentan en la Tabla 27 y se representan de acuerdo a los períodos evaluados (Figura 27) y teniendo en cuenta cada una de las categorías de impacto ambiental (Figura 28).

Tabla 27. Evaluación del impacto ambiental a partir de la ponderación de las categorías de impacto asociada a matriz energética colombiana para cada uno de los períodos.

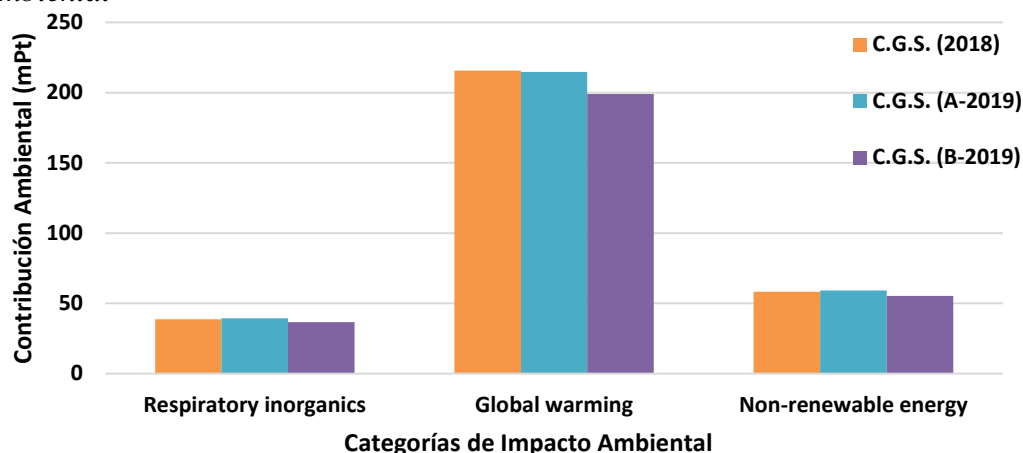
Categoría de impacto	Unidad	C.G.S. (2018)	C.G.S. (A-2019)	C.G.S. (B-2019)
Respiratory inorganics	mPt	38,742452	39,299409	36,645844
Global warming	mPt	215,60904	214,63816	199,0503
Non-renewable energy	mPt	58,359046	59,198008	55,200855
Total	mPt	312,710538	313,135577	290,896999
Impacto Ambiental Global Per cápita	mPt	0,35	0,28	0,26
% Per cápita Impacto Ambiental Global		39	32	29

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 27. Contribución porcentual del consumo de energía eléctrica Vs Períodos evaluados



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 28. Contribución ambiental asociado al consumo de energía eléctrica Vs Categorías de impacto ambiental

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Así mismo, la evaluación de las sustancias contaminantes asociados a las emisiones GEI para la categoría Inorgánico Respiratorio en cada etapa del proyecto se presentan en la Tabla 28. De la misma manera, para las categorías energía no renovable y calentamiento global los resultados se muestran en la Tabla 29 y Tabla 30 respectivamente, cada una con su respectivo valor per cápita.

Tabla 28. Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría inorgánicos respiratorios durante los tres períodos evaluados.

Categoría de impacto	Unidad	C.G.S. (2018)	C.G.S. (A-2019)	C.G.S. (B-2019)
Nitrogen oxides	kg PM2.5 eq	0,38920548	0,39480065	0,36814302
Particulates, < 2.5 um	kg PM2.5 eq	2,91899E-06	2,96095E-06	2,76102E-06
Sulfur dioxide	kg PM2.5 eq	0,003318944	0,003366656	0,003139334
Total	kg PM2.5 eq	0,392527343	0,398170267	0,371285115
Categoría Inorgánicos respiratorios Per cápita	kg PM2.5 eq	0,00044	0,00036	0,00034

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Tabla 29. Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría energía no renovable durante los tres períodos evaluados.

Categoría de impacto	Unidad	C.G.S. (2018)	C.G.S. (A-2019)	C.G.S. (B-2019)
Coal, 29.3 MJ per kg	MJ primary	6817,3225	6915,3275	6448,3925
Gas, natural, 30.3 MJ per kg	MJ primary	2011,4431	2040,3594	1902,5907
Gas, natural, 35 MJ per m3	MJ primary	40,390284	40,970929	38,204501
Total	MJ primary	8869,155884	8996,657829	8389,187701
Categoría Energía No Renovable Per cápita	MJ primary	9,85	8,10	7,58

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

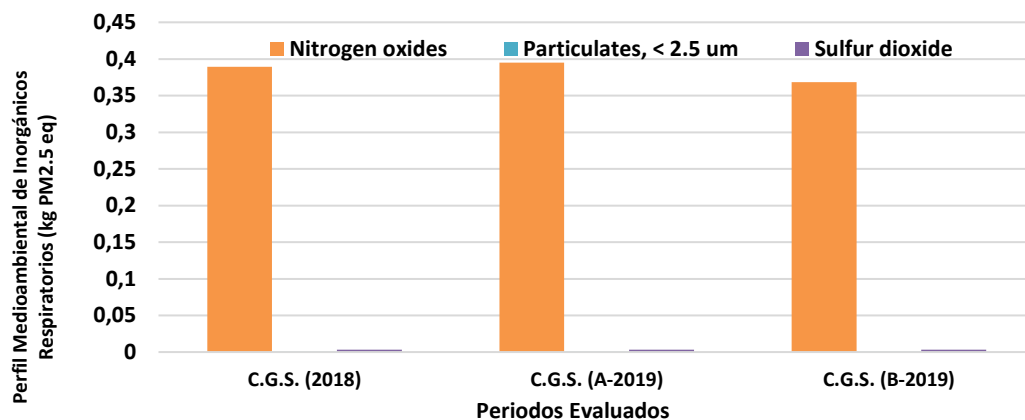
Tabla 30. Evaluación de las sustancias asociadas a las emisiones GEI relacionadas con la categoría calentamiento global durante los tres períodos evaluados.

Categoría de impacto	Unidad	C.G.S. (2018)	C.G.S. (A-2019)	C.G.S. (B-2019)
Carbon dioxide	kg CO2 eq	1792,9049	1778,378	1647,4561
Carbon dioxide, fossil	kg CO2 eq	28,377448	28,785399	26,841758
Carbon dioxide, land transformation	kg CO2 eq	207,93593	210,92519	196,68315
Carbon monoxide, fossil	kg CO2 eq	0,16282427	0,16516501	0,15401278
Dinitrogen monoxide	kg CO2 eq	0,19217674	0,19493945	0,1817768
Methane	kg CO2 eq	56,504593	57,316896	53,446759
Methane, biogenic	kg CO2 eq	48,121892	48,813687	45,517701
Methane, fossil	kg CO2 eq	0,54311935	0,55092716	0,5137276
Total	kg CO2 eq	2134,742883	2125,130204	1970,794985
Categoría Calentamiento Global Per cápita	kg CO2 eq	2,37	1,91	1,78

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

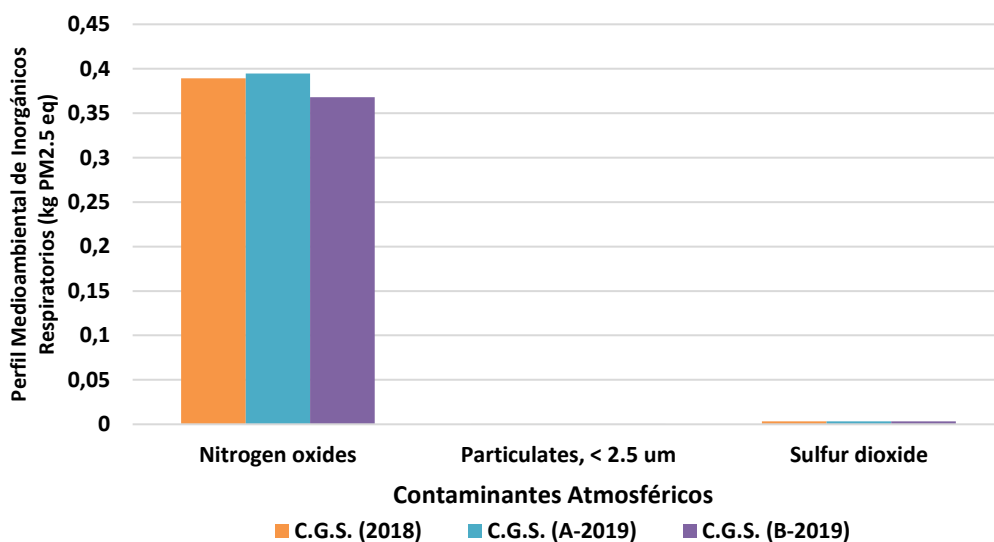
Los perfiles ambientales asociados a inorgánicos respiratorios durante las tres etapas del proyecto se representan en la Figura 29 y de acuerdo a la sustancia contaminantes se aprecia que la concentración química de mayor impacto es de óxido de nitrógeno (Figura 30).

Figura 29. Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante durante los períodos evaluados.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

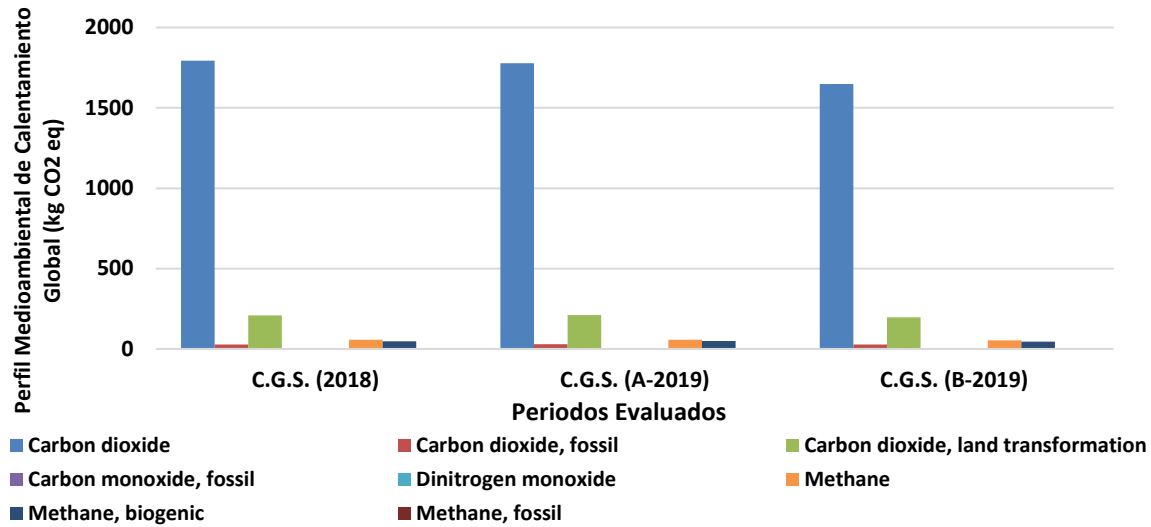
Figura 30. Perfil ambiental de inorgánicos respiratorios Vs Sustancia contaminante



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

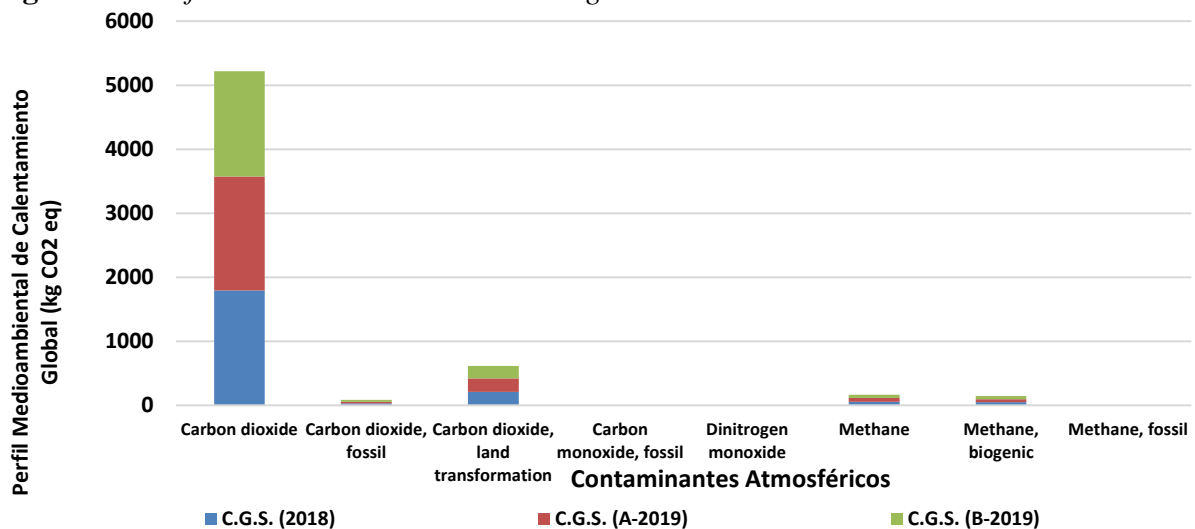
Por otra parte, los perfiles ambientales asociados al calentamiento global en cada fase de investigación se representan en la Figura 31 y de acuerdo a la sustancia contaminantes se aprecia que la sustancia de mayor emisión corresponde al dióxido de carbono (Figura 32).

Figura 31. Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante durante los períodos evaluados.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 32. Perfil ambiental de calentamiento global Vs Sustancia contaminante.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

De igual manera, la contribución de energía eléctrica en cada una de las etapas evaluadas, se puede concluir que el requerimiento del período B-2019 disminuye respecto a los otros periodos

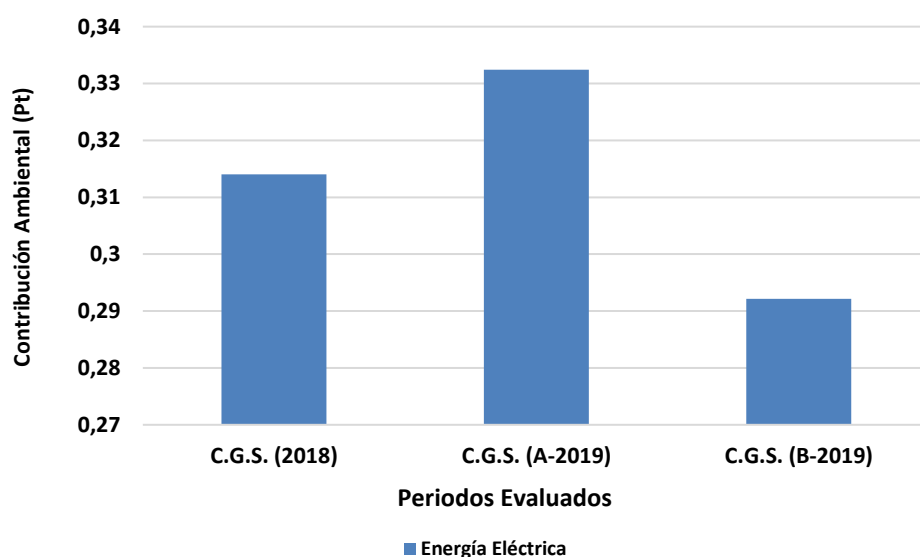
analizados (2018 y A-2019), teniendo en cuenta también el consumo energético per cápita (ver la Tabla 31 y la Figura 33).

Tabla 31. Ponderación del requerimiento energético normalizado en la institución educativa durante el período evaluado.

Categoría de impacto	Unidad	C.G.S. (2018)	C.G.S. (A-2019)	C.G.S. (B-2019)
Energía Eléctrica	Pt	0,31400562	0,33243946	0,292122

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 33. Ponderación del requerimiento energético normalizado en la institución educativa durante el período evaluado.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

4.4.2 Análisis de huella de Carbono

El impacto ambiental mediante el análisis de huella de carbono a partir de la metodología implementada por el panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC en inglés), permite estimar las emisiones y eliminaciones de gases de efecto invernadero.

En el presente proyecto, se ha determinado el impacto ambiental mediante el análisis de huella de carbono, empleando el método de evaluación IPCC 2013 GWP V1.03 a 20 años y 100 años empleando el software SimaPro versión 9.1, con el objetivo de calcular las emisiones de CO₂ a la atmósfera, asociadas al consumo de energía eléctrica durante la prestación del servicio educativo a los educandos del Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe. Es conveniente, tener en cuenta las exclusiones mencionadas (ver ítem 4.1.3 Árbol de procesos de acuerdo al consumo de energía eléctrica). Estas estimaciones se aprecian en la Tabla 32 para 20 años y en la Tabla 33 para 100 años, en la cual se evalúa una reducción de emisiones de CO₂ cuando se implementan las estrategias adoptadas durante el período B-2019, así como también disminuye sustancialmente el per cápita de emisiones de CO₂ tanto para el avalúo de 20 años y 100 años. Estos resultados se representan en la Figura 34 y Figura 35, respectivamente.

Tabla 32. *Evaluación de la huella de carbono a 20 años en el GSEB*

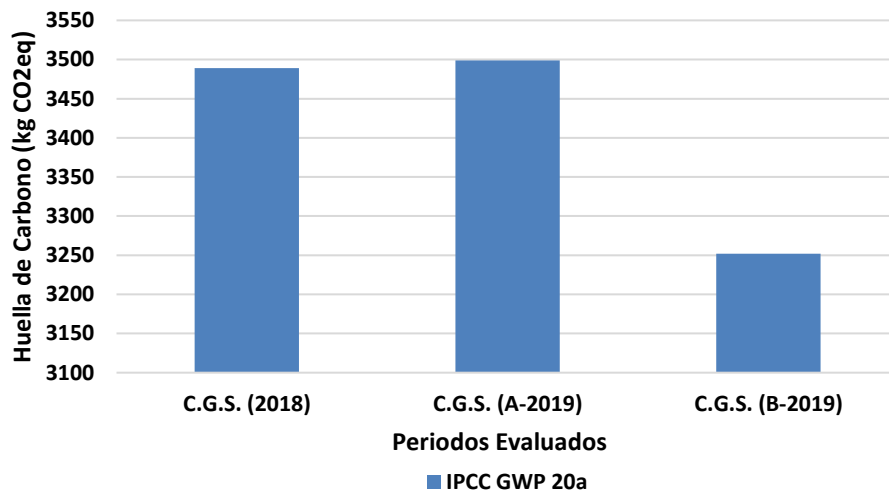
Categoría de impacto	Unidad	C.G.S. (2018)	C.G.S. (A-2019)	C.G.S. (B-2019)	Disminución 2018 - B-2019	% Disminución
IPCC GWP 20a	kg CO2 eq	3489,0147	3498,8708	3251,7783	237,2364	6,8
Per cápita de emisiones de kg CO2		3,88	3,15	2,94	0,939	24,2

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

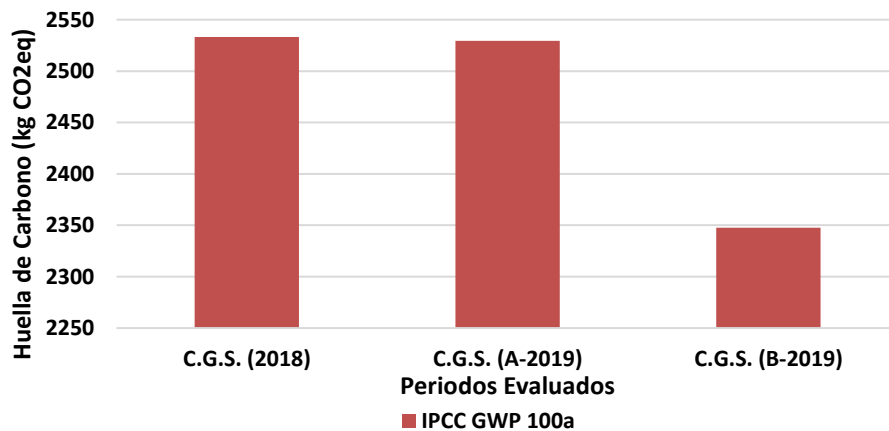
Tabla 33. *Evaluación de la huella de carbono a 100 años en el GSEB*

Categoría de impacto	Unidad	C.G.S. (2018)	C.G.S. (A-2019)	C.G.S. (B-2019)	Disminución 2018 - B-2019	% Disminución
IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	2533,2437	2529,3598	2347,7303	185,5134	7,3
Per cápita de emisiones de kg CO2		2,81	2,46	2,28	0,535	19,0

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 34. *Huella de carbono a 20 años de acuerdo a las implementaciones adoptadas.*

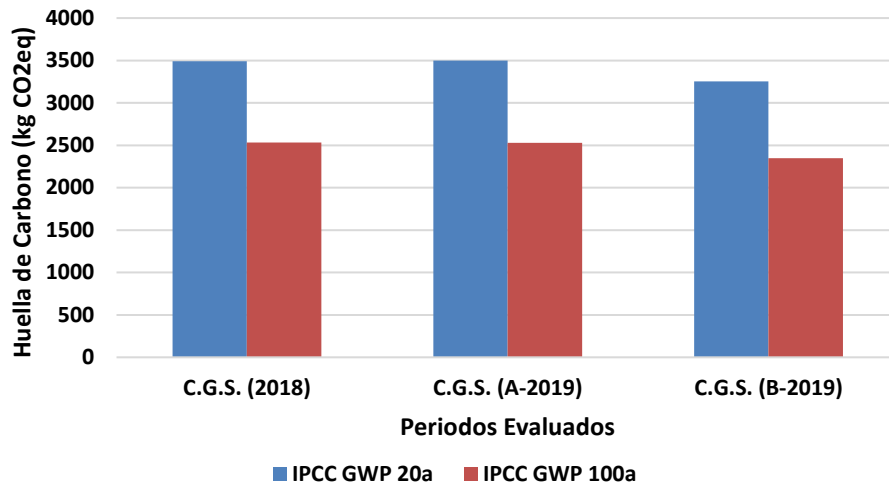
Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Figura 35. *Huella de carbono a 100 años de acuerdo a las implementaciones adoptadas.*

Tomado del Software Simapro versión 9.1.

Finalmente, el comparativo entre estas proyecciones del impacto potencial asociado al cambio climático se aprecia en la Figura 36.

Figura 36. Comparativo de huella de carbono a 20 años y 100 años de acuerdo a las implementaciones adoptadas.



Tomado del Software Simapro versión 9.1.

4.5 Evaluación financiera de los equipos instalados.

4.5.1 Introducción

De acuerdo a la estrategia implementada en la institución educativa *Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe* concerniente a la sustitución de equipos y luminarias por unas más eficientes cuyos resultados se evidencian en la sección 4.3 y 4.4 y describen una disminución en la huella de carbono corporativa. También, permite evaluar financieramente los cambios y revisiones periódicas de equipos eléctricos que evidencian mayor consumo de potencia.

4.5.2 Análisis económico y evaluación de indicadores

Se realizó la evaluación económica en función de las inversiones que se deben realizar para la entrada en operación del proyecto, egresos y posibles fuentes de financiamiento. Se determinaron índices de rentabilidad como valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR),

y periodo de recuperación de la inversión en el tiempo - DPBT (*Discount PayBack Time*) con el fin de cuantificar el impacto financiero del proyecto.

1. *Inversión preliminar*

La inversión preliminar relaciona los valores correspondientes al costo generado por la adquisición de luminarias tipo LED y un aire acondicionado, así como también los gastos asociados a la instalación y puesta en marcha de los mismos.

Por otra parte, teniendo en cuenta que por contingencia mundial del COVID-19 la institución educativa no suministra documentos de compra de los equipos y suministros, se procede a cuantificar el costo de éstos para el año 2019. Esto se realiza, partiendo del precio unitario para el año 2021, valor al que se le reduce el aumento de inflación para el año 2020 equivalente al 1,61% y para el 2019 corresponde a 3,80%. Los valores se detallan en la Tabla 34.

Tabla 34. *Inversión inicial: cambio de equipos defectuosos y luminarias.*

Equipo	Cantidad	Precio Unitario Año 2021 (COP)	Precio Unitario Año 2019 (COP)	Precio total 2019 (COP)
Panel LED ultradelgado 48W Ilumax	77	145.000	137.478	10'585.830
Aire Acondicionado KIELMANN 60000 BTU/h	1	4'100.000	3'887.318	3'887.318
Inversión Total (COP)				14'473.148
Inversión per cápita (COP)				13.027

2. *Gastos de mantenimiento*

Dentro de los gastos de mantenimiento (GM), se relaciona el mantenimiento preventivo del aire acondicionado y las luminarias, así como también la sustitución de componentes eléctricos defectuosos o que hayan cumplido el tiempo de vida útil. La cuantificación de este gasto se

establece como un 5% de la inversión inicial considerando las tasas empleadas en trabajos asociadas a proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) realizadas por diferentes autores (CREG, 2012) (Gomez, Alzate, & Zapateiro, 2016) (Correa, Marulanda, & Panesso, 2016) (Benito & Ruiz, 2018) (Hernandez, Gallardo-Saavedra, & Alonso-Gómez, 2019). Posteriormente, este valor se incrementa teniendo en cuenta la inflación proyectada para el año 2020 en el país. Sin embargo, el valor empleado es la inflación del año 2019 debido a la anormalidad suscitada por la contingencia COVID-19, este valor corresponde a 3.80% (El Espectador, 2019) (Banco de la República, 2019).

Con base en lo anterior, el valor de los gastos de mantenimiento para el año 1 serán:

$$GM_{\text{año 1}} = 5\% * \$ 14\ 473\ 148 = \$ 723\ 657$$

Los gastos de mantenimiento para el año 2 incluyen la inflación y se calculan así:

$$GM_{\text{año 2}} = (1 + \text{inflación}) * GM_{\text{año 1}} = (1 + 3,80\%) * \$ 723\ 657 = \$751\ 156$$

Los valores correspondientes a los gastos de mantenimiento proyectados a 15 años considerando el factor de inflación se presentan en la Tabla 35. Los valores debido a los costos de mantenimiento son costos fijos, por lo tanto no puede excluirse de la evaluación aun si la institución se encuentra bajo la modalidad virtual (estrategia adoptada como plan de contingencia al COVID-19), dado que debe tenerse en cuenta el consumo de energía eléctrica y la utilización de equipos después del retorno a la presencialidad.

Tabla 35. *Gastos de mantenimiento de equipos sustituidos durante el proyecto.*

Año	Inversión y Gastos de Mantenimiento (COP)	Año	Inversión y Gastos de Mantenimiento (COP)
0	14.473.148	8	939.538
1	723.657	9	975.241

Año	Inversión y Gastos de Mantenimiento (COP)	Año	Inversión y Gastos de Mantenimiento (COP)
2	751.156	10	1.012.300
3	779.700	11	1.050.767
4	809.329	12	1.090.696
5	840.083	13	1.132.143
6	872.007	14	1.175.164
7	905.143	15	1.219.821

3. Ingresos

El presente proyecto no presenta ingresos financieros ocasionados por la prestación de un servicio, sin embargo, el dinero que se deja de cancelar debido a la disminución del perfil de consumo de energía eléctrica durante el período de estudio, se considera un ingreso. Estos valores se determinan teniendo en cuenta la ecuación (1):

$$\text{Ingreso} = (CA_{\text{Actual}} - CA_{\text{Anterior}}) * \$kWh \quad (1)$$

Donde CA_{Actual} es el consumo promedio anual durante el período de tiempo después de la implementación de las estrategias, CA_{Anterior} es el consumo promedio anual durante el período de tiempo antes de la implementación de las estrategias y $\$kWh$ es el precio del kilovatio-hora que cobra el operador de red.

Teniendo en cuenta el $\$kWh$ y la tasa de incremento que emplea el operador de red de la ciudad (corresponde a \$633.78 y 4,5% respectivamente) (ESSA, 2020), los ingresos durante el período evaluado se presentan en la Tabla 36.

Tabla 36. Ingresos por energía dejada de consumir.

Año	Ingresos (COP)	Año	Ingresos (COP)
0	0	8	4'334.432
1	3'338.495	9	4'499.140
2	3'465.358	10	4'670.108
3	3'597.041	11	4'847.572

Año	Ingresos (COP)	Año	Ingresos (COP)
4	3'733.729	12	5'031.779
5	3'875.610	13	5'222.987
6	4'022.884	14	5'421.461
7	4'175.753	15	5'627.476

4. Flujo neto de efectivo

El flujo neto de efectivo (FNE), también denominado cash flow es la diferencia entre los ingresos y los egresos ocasionados cada año (*Inversión + GM*). Los resultados obtenidos para el FNE en el presente proyecto se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37. *Flujo neto de efectivo del proyecto.*

Año	Ingresos (COP)	Egresos (COP)	Flujo neto de efectivo (COP)
0	0	14.473.148	- 14.473.148
1	3'338.495	723.657	2.614.837
2	3'465.358	751.156	2.714.201
3	3'597.041	779.700	2.817.341
4	3'733.729	809.329	2.924.400
5	3'875.610	840.083	3.035.527
6	4'022.884	872.007	3.150.877
7	4'175.753	905.143	3.270.610
8	4'334.432	939.538	3.394.894
9	4'499.140	975.241	3.523.900
10	4'670.108	1.012.300	3.657.808
11	4'847.572	1.050.767	3.796.804
12	5'031.779	1.090.696	3.941.083
13	5'222.987	1.132.143	4.090.844
14	5'421.461	1.175.164	4.246.296
15	5'627.476	1.219.821	4.407.656

5. VAN - Valor Actual Neto

El indicador financiero VAN, También denominado valor presente neto (VPN), es el valor presente de los FNE. Este indicador muestra la viabilidad financiera de un proyecto de inversión, indicando ganancias cuando el VAN >0 o pérdidas si el VAN < 0 (Meza, 2005). La cuantificación del VAN se determina como se indica en la ecuación (2).

$$VAN = -Inversión + \sum_{k=1}^N \frac{FNE_k}{(1 + i_k)^k} \quad (2)$$

Donde FNE_k son los flujos netos de efectivo en cada período e i_k es la tasa de interés de oportunidad del inversionista. En este caso, la tasa de interés con que se valoran los proyectos de distribución de energía eléctrica teniendo en cuenta la Resolución 015 de 2019 (CREG, 2019) equivale a 11,64%. Por lo tanto, teniendo en cuenta los flujos netos efectivos presentados en la Tabla 36 y la tasa de interés planteada, se obtiene un VAN de 7'690.364.

Por lo anterior, la viabilidad de proyecto es óptima, teniendo en cuenta que el VAN del proyecto es positivo.

6. TIR – Tasa Interna de Retorno

La TIR es la mínima tasa de rendimiento de un proyecto de inversión, la cual hará que el valor actual neto sea igual a cero (Meza, 2005). Entonces, la ecuación del VAN cambia a:

$$0 = -Inversión + \sum_{k=1}^N \frac{FNE_k}{(1 + TIR)^k}$$

Sin embargo, el indicador TIR puede ser obtenido a partir del uso de operaciones predefinidas en hojas de cálculo electrónica. En este proyecto, empleando Microsoft Excel® e introduciendo los flujos netos efectivos con esta función, se obtiene que $TIR = 19,75\%$. Al ser

una TIR positiva, se puede inferir que hay posibilidad de rendimientos futuros, razón por la cual; el proyecto es viable financieramente.

7. DPBT - Discount PayBack Time

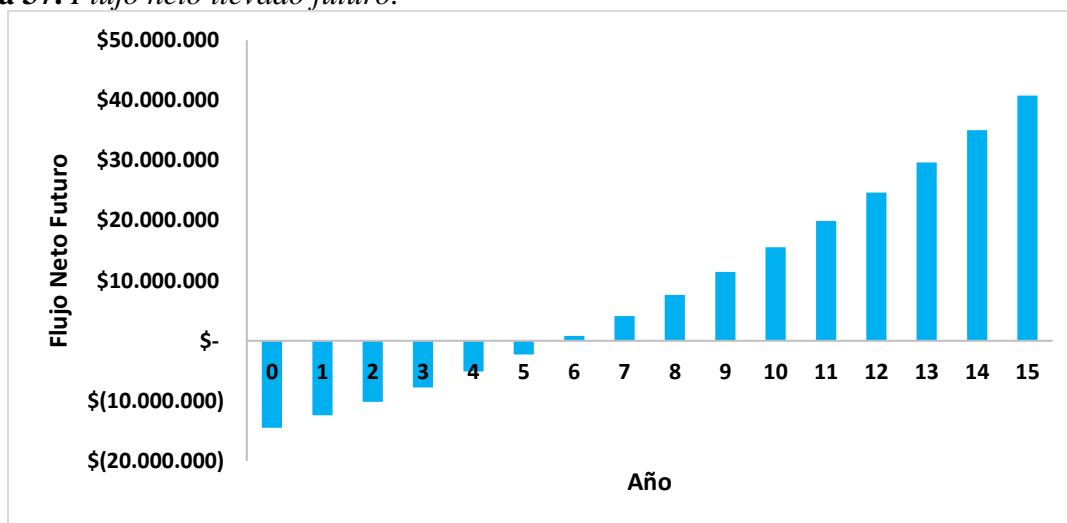
Es el período de tiempo durante el cual existe recuperación de la inversión realizada durante la ejecución del proyecto. Este indicador puede determinarse matemáticamente teniendo en cuenta la ecuación del VAN igualada a cero y considerando la tasa de interés de oportunidad como la tasa WACC (descuento aplicable a proyectos de MDL) (Barrientos & Villada, 2017) desde el período 1 hasta el DPBT (Short, Packey, & T., 1995). Esto es:

$$0 = -Inversión + \sum_{k=1}^{DPBT} \frac{FNE_k}{(1 + WACC)^k}$$

Sin embargo, esta evaluación puede realizarse a partir de la interpretación de los flujos netos presentes llevados a valor futuro teniendo en cuenta el factor de incremento por inflación. La Tabla 38 y la Figura 37 detallan los resultados obtenidos, donde se evidencia que para valores positivos del flujo neto futuro, la institución ya ha recuperado la inversión realizada, es decir el $DPBT \cong 6$ años.

Tabla 38. Flujo neto llevado futuro.

Año	Flujo Neto Futuro (COP)	Año	Flujo Neto Futuro (COP)
0	- 14.473.148	8	7.654.334
1	- 12.408.290	9	11.469.098
2	- 10.165.604	10	15.562.732
3	- 7.734.556	11	19.950.920
4	- 5.104.069	12	24.650.138
5	- 2.262.497	13	29.677.688
6	802.405	14	35.051.736
7	4.103.507	15	40.791.357

Figura 37. *Flujo neto llevado futuro.*

Por otra parte, teniendo en cuenta que la vida útil del panel LED ultradelgado 48W Ilumax es de 35000 horas (ILUMAX S.A, 2021), que el uso promedio institucional es de 6 horas diarias durante 22 días al mes (1584 horas anuales) y que la vida útil del aire acondicionado KIELMANN 60000 BTU/h oscila entre los 12 a 15 años dependiendo de su uso y cuidados (KIELMANN, 2021), se puede inferir que el período DPBT es menor al periodo de vida útil de los equipos, es decir; el cambio de equipos por tecnologías eficientes es financieramente rentable.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta el perfil de consumo de energía eléctrica y las emisiones GEI asociadas durante la etapa preliminar del proyecto, se establece como estrategia de mejora la implementación de buenas prácticas ambientales relacionadas al uso racional y eficiente de la energía eléctrica con el fin de cumplir los lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional frente al desarrollo transversal del proyecto ambiental escolar (PRAE). En consecuencia, las actividades pedagógicas fomentadas permitieron reducir el perfil de consumo per cápita de energía eléctrica

durante el período A-2019 en un 6,62%, así como también, reducir el impacto ambiental global per cápita en un 7%, generados por la disminución de emisiones asociadas a la categoría inorgánicos respiratorios; energía no renovable y calentamiento global en ese mismo período.

El presente proyecto permitió establecer que la ejecución de procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo de dispositivos permite la detección temprana de equipos defectuosos. Aspecto que posibilitó el cambio de los mismos por unos más eficientes (aires acondicionados y luminarias LED), aspecto que redujo el consumo de energía eléctrica per cápita en un 11,26% y el impacto ambiental global debido a las emisiones GEI corporativas en un 10% durante el período B-2019. Esto debido a la disminución de emisiones asociadas en cada una de las categorías (inorgánicos respiratorios, energía no renovable y calentamiento global) durante la última etapa del proyecto.

La disminución del perfil de consumo ocasionado por el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, así como el cambio de luminarias y aires acondicionados por unos más eficientes permiten evidenciar que la huella de carbono corporativa y per cápita a 20 años disminuyen en un 6,8% y 24,2%, respectivamente. Del mismo modo, la huella de carbono corporativa y per cápita a 100 años disminuyen en un 7,3% y 19%, respectivamente. En consecuencia, el indicador de huella de carbono cumple con los lineamientos planteados en el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) No. 13 acciones por el clima y el ODS No. 7, pues al mejorar la infraestructura energética de la institución aporta a los avances modernos y sostenibles del país.

La evaluación de indicadores financieros tales como: $VAN = 7.690.364$; $TIR=19,75\%$, $DPBT \cong 6$ años, demuestran la viabilidad técnica y financiera del proyecto, teniendo en cuenta que la vida útil de los equipos y luminarias cambiadas es de 15 años aproximadamente, tiempo mayor al tiempo de recuperación de la inversión.

Referencias

- Asamblea General Naciones Unidas. (25 de 09 de 2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://undocs.org/es/A/RES/70/1>
- Banco de la República. (Diciembre de 2019). *Inflación acumulada*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inflacion-total-y-meta>
- Banco Mundial. (27 de 06 de 2019). *Grupo Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS?end=2015&start=2000&view=chart>
- Barrera, E. (2017). *Revisión de emisiones de CO2 en Colombia por la generación energía eléctrica para el sistema interconectado nacional en época de fenómeno de el niño entre los años 1990- 2016*. Bogota D.C.
- Barrientos, J., & Villada, F. (2017). *Cálculo de un WACC diferenciado por región para proyectos de generación de electricidad con fuentes renovables en Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Benito, G., & Ruiz, K. (2018). *Análisis beneficio-costo de la implementación de un sistema de Energía solar fotovoltaica en el campus aguas claras de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, Meta*. Villavicencio: Universidad Santo Tomás.
- Benjumea, M. (2009). *Repositorio Universidad EIA*. Obtenido de <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/1603>
- Bonilla, M., Herrera, H., & Puertas, Y. (10 de 2017). *UPME - Factores de Emisión del Sistema Interconectado Nacional Colombia - SIN*. Obtenido de <http://fenalco.com.co/sites/default/files/upme2.pdf>

Branker, K., Pathak, M., & Pearce, J. (2011). A Review of Solar Photovoltaic Levelized Cost of Electricity. 4470-4482. Obtenido de http://digitalcommons.mtu.edu/materials_fp/28/

Congreso de Colombia. (13 de 05 de 2014). *Funcion Publica*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (15 de 03 de 2018). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>

Correa, C., Marulanda, G., & Panesso, A. (2016). Impacto de la penetración de la energía solar fotovoltaica en sistemas de distribución: estudio bajo supuestos del contexto colombiano. *Tecnura*, 85–95.

Cortes, S., & Arango, A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Ciencias Estratégicas*, 379 - 383.

CREG. (2012). *Inversiones y gastos AOM para actividades de generación en ZNI utilizando recursos renovables*. Bogotá, D.C: CREG.

CREG. (15 de 02 de 2019). *Comision de Regulación de Energía y Gas*. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/5fe3bde292bc2c43052583a2006bace2?OpenDocument>

Cuadro, G., & Cuesta, C. (2011). *Repositorio Corporacion Universitaria de la Costa - CUC*. Obtenido de <http://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/1492>

DNP. (16 de 03 de 2018). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Las-16-grandes-apuestas-de-Colombia-para-cumplir-los-Objetivos-de-Desarrollo-Sostenible.aspx>

El Espectador. (9 de Diciembre de 2019). Inflación 2019.

ESSA. (1 de Enero de 2020). *Tarifas ESSA 2020*. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/mi-factura/formula-tarifaria-y-tarifas/consultar-tarifas>

Fontalvo, C., Ortiz, M., & Pozo, D. (2010). *Repositorio Corporacion Universitaria de Costa - CUC*. Obtenido de <http://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/1096>

GeoEnciclopedia. (05 de 06 de 2019). *GeoEnciclopedia*. Obtenido de <https://www.geoenciclopedia.com/elementos-del-clima/>

Gomez, M., Alzate, F., & Zapateiro, O. (2016). *Análisis financiero para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica para el centro recreacional Club Naval de Oficiales Santa Cruz de Castillogrande*. Cartagena: La Tadeo Dearte.

Hernandez, L., Gallardo-Saavedra, S., & Alonso-Gómez, V. (2019). A review of photovoltaic systems: Design, operation and maintenance. *Solar Energy*, 426–440.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Colombia*. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf

ILUMAX S.A. (20 de 06 de 2021). *ILUMAX*. Obtenido de <https://www.ilumax.com.co/wp-content/uploads/2019/04/Panel-LED-ILUMAX-2019.pdf>

Instituto Nacional de Salud. (Noviembre de 2018). Obtenido de [https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/10 Carga de enfermedad ambiental en Colombia.pdf](https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/10%20Carga%20de%20enfermedad%20ambiental%20en%20Colombia.pdf)

Instituto Sindical de Trabajo, A. y. (05 de 06 de 2019). *ISTAS*. Obtenido de <https://istas.net/istas/guias-interactivas/cambio-climatico-y-sus-efectos/cambio-climatico/clima-y-sistema-0>

KIELMANN. (20 de 06 de 2021). *KIELMANN*. Obtenido de

https://www.kielmannonline.com.co/product/21/unidad_condensadora_onoff_60000btu_220v_1ph_60hz

Macías, A.; Andrade, J. (2019). *Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático*. Bogotá, D.C: UPME. Obtenido de

https://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/generacion_electrica_bajo_escenarios_cambio_climatico.pdf

Mayor, F. (01 de 05 de 2016). *Repositorio institucional UN - Biblioteca Digital*. Recuperado el 2019, de <http://bdigital.unal.edu.co/55960/1/10002077.2016.pdf>

Meza, J. (2005). *Evaluación financiera de proyectos*. Valledupar: ECOE Ediciones.

Naciones Unidas. (20 de 05 de 2019). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible - Cepal*. Obtenido de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Ortiz, E., Mayo, J., & Valdez, J. (02 de 07 de 2019). *EDX, Tecnológico de Monterrey*. Obtenido de [https://courses.edx.org/courses/course-](https://courses.edx.org/courses/course-v1:TecdeMonterreyX+AHDE18041X+2T2019/courseware/3615895db67848918f41ce893a7cc6da/7dbaefdd7e3142bda7fa632b60caf2d7/1?activate_block_id=block-v1%3ATecdeMonterreyX%2BAHDE18041X%2B2T2019%2Btype%40vertical%2Bblock%4034a21)

[v1:TecdeMonterreyX+AHDE18041X+2T2019/courseware/3615895db67848918f41ce893a7cc6da/7dbaefdd7e3142bda7fa632b60caf2d7/1?activate_block_id=block-v1%3ATecdeMonterreyX%2BAHDE18041X%2B2T2019%2Btype%40vertical%2Bblock%4034a21](https://courses.edx.org/courses/course-v1:TecdeMonterreyX+AHDE18041X+2T2019/courseware/3615895db67848918f41ce893a7cc6da/7dbaefdd7e3142bda7fa632b60caf2d7/1?activate_block_id=block-v1%3ATecdeMonterreyX%2BAHDE18041X%2B2T2019%2Btype%40vertical%2Bblock%4034a21)

Paratec. (28 de Enero de 2021). *Paratec*. Obtenido de

<http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>

PNUD. (20 de 06 de 2012). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de

<http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html>

Porto, E. (2016).

Revista Gerente. (25 de 11 de 2019). Gerente.com. Obtenido de <http://gerente.com/co/nueva-reglamentacion-la-reduccion-la-huella-carbono/>

Serway, R., & Jewett, J. (2008). Física para Ciencias e ingeniería. En J. J. Serway R, *Física para Ciencias e ingeniería* (págs. 163 - 187). Mexico, D.F.: Cengage Learning Editores.

Serway, R., & Jewett, J. (2009). Física para Ciencias e ingeniería. En J. J. Serway R, *Física para Ciencias e ingeniería* (págs. 752 - 770). Mexico, D.F.: Cengage Learning Editores.

Short, W., Packey, D., & T., H. (1995). *A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies*. Colorado: NREL.

SIAC. (20 de 11 de 2019). *Sistema de Información Ambiental de Colombia*. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/climaticogei>

STEEEP. (15 de 02 de 2017). *Camara de Comercio de España*. Obtenido de https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf

UPME. (Enero de 2015). *Biblioteca Especializada Minero Energética*. Obtenido de <https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/Plan%20energetico%20Nacional%202015.pdf>

UPME. (01 de 08 de 2017). *Proyección regional de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Proyeccion_demanda_regional_energia_electrica_2017.pdf#search=DEMANDA%20ENTRE%202020%20Y%202030

XM S.A. E.S.P. (09 de 08 de 2019). *XM S.A. E.S.P.* Obtenido de <https://www.xm.com.co/Paginas/Transmision/sistema-de-transmision-nacional.aspx>

XM S.A. E.S.P. (2021). *Informe General del Mercado Mayo 2021*.

Yin, J., Overpeck, J., Peyser, C., & R., S. (16 de 01 de 2018). *Geophysical Research Letters banner*. Obtenido de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2017GL076500>

Zapata, J., & Gonzalez, F. (09 de 08 de 2019). *Repositorio Universidad Tecnologica de Pereira*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4209/3337071Z35.pdf;jsessionid=7B3B5E2AD524F7A33070CEA147E4357B?sequence=1>

Apéndices

Apéndice A. *Lista de equipos eléctricos y consumo de potencia promedio mensual año 2018 discriminada en cada bloque estructural.*

Bloque I					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	6	0,263	4	6,312	126,240
Bombilla Ahorradora PHILIPS	1	0,065	6	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora PHILIPS	1	0,065	4	0,260	6,240
Bombilla Ahorradora SILVANIA	8	0,065	8	4,160	83,200
Bombilla Ahorradora SILVANIA	4	0,065	6	1,560	37,440
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	2	0,068	8	1,088	21,760
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	6	0,068	4	1,632	32,640
Bombilla LED	2	0,024	1	0,048	1,152
Bombilla LED	1	0,024	8	0,192	4,608
Bombilla LED cilíndrica	6	0,045	8	2,160	43,200
Bombilla LED IP66	6	0,050	3	0,900	18,000
Computador ACER	6	0,322	5	9,660	193,200
Computador ACER	1	0,322	12	3,864	92,736
Computador ACER	5	0,322	8	12,880	257,600
Dispensador de Agua	1	0,322	5	1,610	38,640
Greca metálica grande	1	1,200	6	7,200	172,800
Horno microondas HACEB AREZZO HM-07 Inox	1	0,800	1	0,800	19,200
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	2	0,365	0,3	0,219	4,380
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	2	0,365	0,4	0,292	5,840
Impresora Multifuncional Laserjet Hp Pro M176n	1	0,300	1	0,300	6,000
Nevera 210 Lt Mabe tipo B	1	0,143	24	3,432	82,368
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	1	0,198	8	1,584	31,680
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	1	0,198	7	1,386	27,720
Televisor 49'	1	0,120	8	0,960	23,040
Ventilador Sankey FN - 1835 P	2	0,110	6	1,320	26,400
Total Consumo Mensual (kWh)					1365,444

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	1,920	2	3,840	76,800
Aire Acondicionado STARLIGHT 23900 BTU/h	3	1,920	4	23,040	460,800
Audífonos Rack de controles - ATT - 720 CLLS	30	0,045	5	6,750	135,000
Bombilla Ahorradora LEXMANA	11	0,065	4	2,860	65,780
Bombilla Ahorradora LEXMANA	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora LEXMANA	18	0,065	4	4,680	93,600
Bombilla Ahorradora LEXMANA	4	0,065	3	0,780	15,600
Bombilla Ahorradora PHILIPS	3	0,065	4	0,780	17,940
Bombilla Ahorradora PHILIPS	7	0,065	4	1,820	43,680
Bombilla Ahorradora PHILIPS	1	0,065	4	0,260	5,980
Bombilla Ahorradora PHILIPS	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora PHILIPS	2	0,065	3	0,390	7,800
Bombilla Ahorradora SILVANIA	12	0,065	4	3,120	71,760
Bombilla Ahorradora SILVANIA	5	0,065	8	2,600	62,400
Bombilla Ahorradora SILVANIA	8	0,065	4	2,080	47,840
Bombilla Ahorradora SILVANIA	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora SILVANIA	8	0,065	4	2,080	41,600
Bombilla Ahorradora SILVANIA	4	0,065	3	0,780	15,600
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	4	0,068	4	1,088	25,024
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	22	0,068	7	10,472	240,856
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	32	0,068	7	15,232	304,640
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	2	0,068	2	0,272	6,528
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	4	0,068	7	1,904	41,888
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	5	0,068	4	1,360	27,200
Bombilla LED cilíndrica	30	0,045	4	5,400	124,200
Bombilla LED cilíndrica	4	0,045	3	0,540	12,960
Bombilla LED cilíndrica	6	0,045	4	1,080	21,600
Bombilla LED cilíndrica	2	0,045	3	0,270	5,400
Bombilla LED en cuadrado	8	0,024	7	1,344	26,880
Bombilla PANEL LED	23	0,048	8	8,832	176,640
Bombilla PANEL LED Grande	3	0,048	8	1,152	23,040
Bombilla PANEL LED Pequeño	12	0,024	4	1,152	27,648
Bombillo LED pequeño	54	0,003	10	1,620	38,880
Calentador	1	1,800	2	3,600	72,000
Computador ACER	1	0,322	8	2,576	51,520
Computador ACER	3	0,322	5	4,830	96,600
Computador ACER	30	0,322	4	38,640	772,800
Computador ACER	4	0,322	6	7,728	170,016

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Computador portátil Hp 15"	30	0,254	4	30,480	701,040
Enfriador de helados Cremhelado	1	0,078	24	1,872	56,160
Enfriador Postobón	2	0,207	12	4,968	119,232
Fotocopiadora MP4500 RICOH AFICIO	1	1,650	4	6,600	132,000
Fotocopiadora MP5002 RICOH AFICIO	1	3,560	4	14,240	284,800
Fotocopiadora MPC300SR AFICIO	1	1,650	2	3,300	66,000
Fotocopiadora SP210SF AFICIO	1	0,615	2	1,230	24,600
Horno microondas	1	1,350	1	1,350	27,000
Horno microondas HACEB AREZZO HM-07 Inox	1	0,800	1	0,800	16,000
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	1	0,365	0,2	0,073	1,460
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	1	0,365	0,3	0,110	2,409
Licuadaora	1	0,600	0,2	0,120	2,400
Maquina Frappe doble Cl Talsa	1	0,980	2	1,960	39,200
Nevera 210 Lt Mabe tipo B	1	0,143	24	3,432	82,368
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	20	0,300	0,5	3,000	69,000
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	1	0,300	0,2	0,060	1,200
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	9	0,300	0,5	1,350	27,000
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	2	0,198	8	3,168	63,360
Sensor de agua	4	0,010	2	0,080	1,920
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	2	0,001	4	0,004	0,096
Televisor 49'	2	0,120	2	0,480	11,520
Ventilador Sankey FN - 1835 P	28	0,110	6	18,480	425,040
Ventilador Sankey FN - 1835 P	10	0,110	6	6,600	132,000
Ventilador Sankey FN - 1835 P	1	0,110	5	0,550	12,100
Ventilador Sankey FN - 1835 P	4	0,110	8	3,520	70,400
Ventilador Sankey FN - 1837 P	17	0,110	6	11,220	258,060
Ventilador Sankey FN - 1837 P	3	0,110	6	1,980	39,600
Ventilador Sankey FN - 1839 P	1	0,110	6	0,660	13,200
Ventilador Sanyo	1	0,100	6	0,600	13,800
Video Beam EPSON Powerlite 97H	2	0,299	1,5	0,897	20,631
Video Beam EPSON Powerlite 97H	1	0,299	0,3	0,090	1,794
Video Beam EPSON Powerlite S12+	1	0,283	1,5	0,425	9,764
Video Beam EPSON Powerlite S18+	5	0,283	1,5	2,123	48,818
Video Beam EPSON Powerlite S18+	1	0,283	0,3	0,085	1,698
Video Beam EPSON Powerlite S18+	4	0,283	1,5	1,698	33,960
Video Beam EPSON Powerlite S31+	6	0,291	1,5	2,619	60,237
Video Beam EPSON Powerlite S31+	1	0,291	1,5	0,437	8,730
Video Beam EPSON Powerlite S39	2	0,326	1,5	0,978	22,494

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Video Beam EPSON Powerlite S39	1	0,326	1,5	0,489	9,780
Video Beam EPSON Powerlite S8+	1	0,280	1,5	0,420	8,400
Video Beam EPSON Powerlite W8+	1	0,280	1,5	0,420	9,660
Video Beam INFOCUS	2	0,260	1,5	0,780	17,940
Video Beam INFOCUS	1	0,260	1,5	0,390	7,800
Video Beam ViewSonic PJD5132	2	0,250	1,5	0,750	17,250
Video Beam ViewSonic PJD5132	1	0,250	1,5	0,375	7,500
Total Consumo Mensual (kWh)					6436,000

Bloque III					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	0,263	0,5	0,132	2,630
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	0,263	3	0,789	18,936
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	0,263	0,3	0,079	0,947
Aire Acondicionado STARLIGHT 23900 BTU/h	1	1,920	0,5	0,960	9,600
Bombilla Ahorradora SILVANIA	4	0,065	8	2,080	49,920
Bombilla LED circular empotrar	5	0,024	3	0,360	8,640
Bombilla LED IP66	4	0,050	0,1	0,020	0,480
Bombilla PANEL LED Grande	22	0,048	4	4,224	84,480
Bombilla PANEL LED Grande	1	0,048	7	0,336	8,064
Bombilla PANEL LED Grande	2	0,048	3	0,288	3,456
Bombilla PANEL LED Grande	20	0,048	0,5	0,480	4,800
Bombilla PANEL LED Pequeño	4	0,024	4	0,384	7,680
Bombilla PANEL LED Pequeño	4	0,024	1	0,096	1,920
Computador ACER	1	0,322	6	1,932	46,368
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	6	0,300	2	3,600	72,000
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	1	0,300	0,5	0,150	1,500
Sensor de agua	4	0,010	2	0,080	1,600
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	2	0,001	4	0,004	0,080
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	2	0,001	4	0,004	0,096
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	3	0,001	1	0,002	0,030
Ventilador Sankey FN - 1837 P	10	0,110	4	4,400	88,000
Video Beam EPSON Powerlite S31+	2	0,291	4	2,328	46,560

Bloque III					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Video Beam EPSON Powerlite S31+	1	0,291	0,3	0,087	1,048
Video Beam EPSON Powerlite S31+	1	0,291	0,5	0,146	1,455
Video Beam EPSON Powerlite S39	3	0,326	4	3,912	78,240
Total Consumo Mensual (kWh)					538,529

Apéndice B. *Lista de equipos eléctricos y consumo de potencia promedio mensual año A-2019 discriminada en cada bloque estructural.*

Bloque I					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	6	0,263	3	4,734	94,680
Bombilla Ahorradora PHILIPS	1	0,065	5	0,325	7,800
Bombilla Ahorradora PHILIPS	1	0,065	4	0,260	6,240
Bombilla Ahorradora SILVANIA	8	0,065	6	3,120	62,400
Bombilla Ahorradora SILVANIA	2	0,065	5	0,650	15,600
Bombilla Ahorradora SILVANIA	2	0,065	4	0,520	12,480
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	2	0,068	6	0,816	16,320
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	6	0,068	3	1,224	24,480
Bombilla LED	2	0,024	1	0,024	1,152
Bombilla LED	1	0,024	8	0,192	4,608
Bombilla LED cilíndrica	6	0,045	6	1,620	32,400
Bombilla LED IP66	6	0,050	1,5	0,450	9,000
Computador ACER	6	0,322	5	9,660	193,200
Computador ACER	1	0,322	12	3,864	92,736
Computador ACER	5	0,322	7	11,270	225,400
Dispensador de Agua	1	0,322	5	1,610	38,640
Greca metálica grande	1	1,200	6	7,200	172,800
Horno microondas HACEB AREZZO HM-07 Inox	1	0,800	1	0,800	19,200
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	2	0,365	0,3	0,219	4,380
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	2	0,365	0,4	0,292	5,840
Impresora Multifuncional Laserjet Hp Pro M176n	1	0,300	1	0,300	6,000
Nevera 210 Lt Mabe tipo B	1	0,143	24	3,432	82,368
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	1	0,198	8	1,584	31,680
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	1	0,198	6	1,188	23,760
Televisor 49'	1	0,120	6	0,720	17,280
Total Consumo Mensual (kWh)					1222,444

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	1,920	2	3,840	76,800
Aire Acondicionado STARLIGHT 23900 BTU/h	2	1,920	4	15,360	307,200
Aire Acondicionado STARLIGHT 23900 BTU/h	1	1,920	3	5,760	115,200
Audífonos Rack de controles - ATT - 720 CLLS	30	0,045	5	6,750	135,000
Bombilla Ahorradora LEXMANA	11	0,065	3	2,145	49,335
Bombilla Ahorradora LEXMANA	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora LEXMANA	22	0,065	3	4,290	85,800
Bombilla Ahorradora PHILIPS	4	0,065	3	0,780	17,940
Bombilla Ahorradora PHILIPS	7	0,065	4	1,820	43,680
Bombilla Ahorradora PHILIPS	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora PHILIPS	2	0,065	3	0,390	7,800
Bombilla Ahorradora SILVANIA	20	0,065	3	3,900	89,700
Bombilla Ahorradora SILVANIA	5	0,065	7	2,275	54,600
Bombilla Ahorradora SILVANIA	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora SILVANIA	12	0,065	3	2,340	46,800
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	4	0,068	3	0,816	18,768
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	22	0,068	6	8,976	206,448
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	32	0,068	6	13,056	261,120
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	2	0,068	1,5	0,204	4,896
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	4	0,068	6	1,632	35,904
Bombilla fluorescente 17 watts x 4	5	0,068	3	1,020	20,400
Bombilla LED cilíndrica	30	0,045	3	4,050	93,150
Bombilla LED cilíndrica	4	0,045	3	0,540	12,960
Bombilla LED cilíndrica	8	0,045	3	1,080	21,600
Bombilla LED en cuadrado	8	0,024	6	1,152	23,040
Bombilla PANEL LED	23	0,048	7	7,728	154,560
Bombilla PANEL LED Grande	3	0,048	6	0,864	17,280
Bombilla PANEL LED Pequeño	6	0,024	3	0,432	10,368
Bombilla PANEL LED Pequeño	6	0,024	4	0,576	13,824
Bombillo LED pequeño	54	0,003	7	1,134	27,216
Calentador	1	1,800	1,5	2,700	54,000
Computador ACER	1	0,322	7	2,254	45,080
Computador ACER	3	0,322	5	4,830	96,600
Computador ACER	39	0,322	4	50,232	1004,640
Computador ACER	4	0,322	6	7,728	170,016
Computador portátil Hp 15"	39	0,254	5	49,530	1139,190
Enfriador helados Cremhelado	1	0,078	24	1,872	56,160
Enfriador Postobón	2	0,207	12	4,968	119,232

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Fotocopiadora MP4500 RICOH AFICIO	1	1,650	5	8,250	165,000
Fotocopiadora MP5002 RICOH AFICIO	1	3,560	5	17,800	356,000
Fotocopiadora MPC300SR AFICIO	1	1,650	3	4,950	99,000
Fotocopiadora SP210SF AFICIO	1	0,615	3	1,845	36,900
Horno microondas	1	1,350	1	1,350	27,000
Horno microondas HACEB AREZZO HM-07 Inox	1	0,800	1	0,800	16,000
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	1	0,365	0,2	0,073	1,460
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	1	0,365	0,3	0,110	2,409
Licuadaora	1	0,600	0,2	0,120	2,400
Maquina Frappe doble Cl Talsa	1	0,980	1,5	1,470	29,400
Nevera 210 Lt Mabe tipo B	1	0,143	24	3,432	82,368
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	20	0,300	0,5	3,000	69,000
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	10	0,300	0,5	1,500	30,000
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	2	0,198	7	2,772	55,440
Sensor de agua	4	0,010	2	0,080	1,920
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	1	0,001	3	0,002	0,036
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	1	0,001	4	0,002	0,048
Televisor 49'	2	0,120	1,5	0,360	8,640
Ventilador Sankey FN - 1835 P	28	0,110	5	15,400	354,200
Ventilador Sankey FN - 1835 P	10	0,110	5	5,500	110,000
Ventilador Sankey FN - 1835 P	1	0,110	4	0,440	9,680
Ventilador Sankey FN - 1835 P	4	0,110	6	2,640	52,800
Ventilador Sankey FN - 1837 P	17	0,110	5	9,350	215,050
Ventilador Sankey FN - 1837 P	3	0,110	5	1,650	33,000
Ventilador Sankey FN - 1839 P	1	0,110	5	0,550	11,000
Ventilador Sanyo	1	0,100	5	0,500	11,500
Video Beam EPSON Powerlite 97H	2	0,299	1,5	0,897	20,631
Video Beam EPSON Powerlite 97H	1	0,299	0,5	0,150	2,990
Video Beam EPSON Powerlite S12+	1	0,283	1,5	0,425	9,764
Video Beam EPSON Powerlite S18+	5	0,283	1,5	2,123	48,818
Video Beam EPSON Powerlite S18+	1	0,283	0,5	0,142	2,830
Video Beam EPSON Powerlite S18+	4	0,283	1,5	1,698	33,960
Video Beam EPSON Powerlite S31+	6	0,291	1,5	2,619	60,237
Video Beam EPSON Powerlite S31+	1	0,291	1,5	0,437	8,730
Video Beam EPSON Powerlite S39	2	0,326	1,5	0,978	22,494
Video Beam EPSON Powerlite S39	1	0,326	1,5	0,489	9,780
Video Beam EPSON Powerlite S8+	1	0,280	1,5	0,420	8,400
Video Beam EPSON Powerlite W8+	1	0,280	1,5	0,420	9,660

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Video Beam INFOCUS	2	0,260	1,5	0,780	17,940
Video Beam INFOCUS	1	0,260	1,5	0,390	7,800
Video Beam ViewSonic PJD5132	2	0,250	1,5	0,750	17,250
Video Beam ViewSonic PJD5132	1	0,250	1,5	0,375	7,500
Total Consumo Mensual (kWh)					6733,421

Bloque III					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	0,263	0,5	0,132	2,630
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	0,263	2	0,526	12,624
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	0,263	0,3	0,079	0,947
Aire Acondicionado Starlight 23900 BTU/h	1	1,920	1	1,920	19,200
Bombilla Ahorradora SILVANIA	4	0,065	6	1,560	37,440
Bombilla LED circular empotrar	5	0,024	3	0,360	8,640
Bombilla LED IP66	4	0,050	0,1	0,020	0,480
Bombilla PANEL LED Grande	22	0,048	3	3,168	63,360
Bombilla PANEL LED Grande	1	0,048	5	0,240	5,760
Bombilla PANEL LED Grande	2	0,048	3	0,288	3,456
Bombilla PANEL LED Grande	20	0,048	1	0,960	9,600
Bombilla PANEL LED Pequeño	4	0,024	3	0,288	5,760
Bombilla PANEL LED Pequeño	4	0,024	1	0,096	1,920
Computador ACER	1	0,322	5	1,610	38,640
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	6	0,300	2	3,600	72,000
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	1	0,300	1	0,300	3,000
Sensor de agua	4	0,010	2	0,080	1,600
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	2	0,001	3	0,003	0,060
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	2	0,001	4	0,004	0,096
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	3	0,001	1	0,002	0,030
Ventilador Sankey FN - 1837 P	10	0,110	4	4,400	88,000
Video Beam EPSON Powerlite S31+	2	0,291	4	2,328	46,560
Video Beam EPSON Powerlite S31+	1	0,291	0,3	0,087	1,048
Video Beam EPSON Powerlite S31+	1	0,291	1	0,291	2,910
Video Beam EPSON Powerlite S39	3	0,326	4	3,912	78,240
Total Consumo Mensual (kWh)					504,000

Apéndice C. *Lista de equipos eléctricos y consumo de potencia promedio mensual año B-2019 discriminada en cada bloque estructural.*

Bloque I					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	6	0,263	3	4,734	94,680
Bombilla Ahorradora PHILIPS	1	0,065	5	0,325	7,800
Bombilla Ahorradora PHILIPS	1	0,065	4	0,260	6,240
Bombilla Ahorradora SILVANIA	8	0,065	6	3,120	62,400
Bombilla Ahorradora SILVANIA	2	0,065	5	0,650	15,600
Bombilla Ahorradora SILVANIA	2	0,065	4	0,520	12,480
Bombilla LED	2	0,024	1	0,048	1,152
Bombilla LED	1	0,024	8	0,192	4,608
Bombilla LED cilíndrica	6	0,045	6	1,620	32,400
Bombilla LED IP66	6	0,050	1,5	0,450	9,000
Bombilla PANEL LED Grande	2	0,048	6	0,576	11,520
Bombilla PANEL LED Grande	6	0,048	3	0,864	17,280
Computador ACER	6	0,322	5	9,660	193,200
Computador ACER	1	0,322	12	3,864	92,736
Computador ACER	5	0,322	7	11,270	225,400
Dispensador de Agua	1	0,322	5	1,610	38,640
Greca metálica grande	1	1,200	6	7,200	172,800
Horno microondas HACEB AREZZO HM-07 Inox	1	0,800	1	0,800	19,200
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	2	0,365	0,3	0,219	4,380
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	2	0,365	0,4	0,292	5,840
Impresora Multifuncional Laserjet Hp Pro M176n	1	0,300	1	0,300	6,000
Nevera 210 Lt Mabe tipo B	1	0,143	24	3,432	82,368
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	1	0,198	8	1,584	31,680
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	1	0,198	6	1,188	23,760
Televisor 49"	1	0,120	6	0,720	17,280
Ventilador Sankey FN - 1835 P	2	0,110	5	1,100	22,000
Total Consumo Mensual (kWh)					1210,444

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Aire Acondicionado DualCool 12000 BTU/h	1	1,920	2	3,840	76,800
Aire Acondicionado KIELMANN 60000 BTU/h	1	0,590	4	2,360	47,200
Aire Acondicionado STARLIGHT 23900 BTU/h	2	1,920	4	15,360	307,200
Audífonos Rack de controles - ATT - 720 CLLS	30	0,045	5	6,750	135,000
Bombilla Ahorradora LEXMANA	11	0,065	3	2,145	49,335
Bombilla Ahorradora LEXMANA	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora LEXMANA	22	0,065	3	4,290	85,800
Bombilla Ahorradora PHILIPS	4	0,065	3	0,780	17,940
Bombilla Ahorradora PHILIPS	7	0,065	4	1,820	43,680
Bombilla Ahorradora PHILIPS	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora PHILIPS	2	0,065	3	0,390	7,800
Bombilla Ahorradora SILVANIA	20	0,065	3	3,900	89,700
Bombilla Ahorradora SILVANIA	5	0,065	7	2,275	54,600
Bombilla Ahorradora SILVANIA	2	0,065	3	0,390	9,360
Bombilla Ahorradora SILVANIA	12	0,065	3	2,340	46,800
Bombilla LED cilíndrica	30	0,045	3	4,050	93,150
Bombilla LED cilíndrica	4	0,045	3	0,540	12,960
Bombilla LED cilíndrica	8	0,045	3	1,080	21,600
Bombilla LED en cuadrado	8	0,024	6	1,152	23,040
Bombilla PANEL LED	23	0,048	7	7,728	154,560
Bombilla PANEL LED Grande	4	0,048	3	0,576	13,248
Bombilla PANEL LED Grande	22	0,048	6	6,336	145,728
Bombilla PANEL LED Grande	35	0,048	6	10,080	201,600
Bombilla PANEL LED Grande	2	0,048	1,5	0,144	3,456
Bombilla PANEL LED Grande	4	0,048	6	1,152	25,344
Bombilla PANEL LED Grande	5	0,048	3	0,720	14,400
Bombilla PANEL LED Pequeño	6	0,024	3	0,432	10,368
Bombilla PANEL LED Pequeño	6	0,024	4	0,576	13,824
Bombillo LED pequeño	54	0,003	7	1,134	27,216
Calentador	1	1,800	1,5	2,700	54,000
Computador ACER	1	0,322	7	2,254	45,080
Computador ACER	3	0,322	5	4,830	96,600
Computador ACER	39	0,322	4	50,232	1004,640
Computador ACER	4	0,322	6	7,728	170,016
Computador portátil Hp 15"	39	0,254	5	49,530	1139,190
Enfriador de helados Cremhelado	1	0,078	24	1,872	56,160
Enfriador Postobón	2	0,207	12	4,968	119,232
Fotocopiadora MP4500 RICOH AFICIO	1	1,650	5	8,250	165,000

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Fotocopiadora MP5002 RICOH AFICIO	1	3,560	5	17,800	356,000
Fotocopiadora MPC300SR AFICIO	1	1,650	3	4,950	99,000
Fotocopiadora SP210SF AFICIO	1	0,615	3	1,845	36,900
Horno microondas	1	1,350	1	1,350	27,000
Horno microondas HACEB AREZZO HM-07 Inox	1	0,800	1	0,800	16,000
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	1	0,365	0,2	0,073	1,460
Impresora Hp Never stop Laser 1000w	1	0,365	0,3	0,110	2,409
Licuada	1	0,600	0,2	0,120	2,400
Maquina Frappe doble Cl Talsa	1	0,980	1,5	1,470	29,400
Nevera 210 Lt Mabe tipo B	1	0,143	24	3,432	82,368
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	20	0,300	0,5	3,000	69,000
Parlante Audio King AKPJ-08AUD	10	0,300	0,5	1,500	30,000
Radio teléfono MAGONE A8 PMLN4685A	2	0,198	7	2,772	55,440
Sensor de agua	4	0,010	2	0,080	1,920
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	1	0,001	3	0,002	0,036
Sensor de movimiento para luz SKU: 304010	1	0,001	4	0,002	0,048
Televisor 49"	2	0,120	1,5	0,360	8,640
Ventilador Sankey FN - 1835 P	28	0,110	5	15,400	354,200
Ventilador Sankey FN - 1835 P	10	0,110	5	5,500	110,000
Ventilador Sankey FN - 1835 P	1	0,110	4	0,440	9,680
Ventilador Sankey FN - 1835 P	4	0,110	6	2,640	52,800
Ventilador Sankey FN - 1837 P	17	0,110	5	9,350	215,050
Ventilador Sankey FN - 1837 P	3	0,110	5	1,650	33,000
Ventilador Sankey FN - 1839 P	1	0,110	5	0,550	11,000
Ventilador Sanyo	1	0,100	5	0,500	11,500
Video Beam EPSON Powerlite 97H	2	0,299	1,5	0,897	20,631
Video Beam EPSON Powerlite 97H	1	0,299	0,5	0,150	2,990
Video Beam EPSON Powerlite S12+	1	0,283	1,5	0,425	9,764
Video Beam EPSON Powerlite S18+	5	0,283	1,5	2,123	48,818
Video Beam EPSON Powerlite S18+	1	0,283	0,5	0,142	2,830
Video Beam EPSON Powerlite S18+	4	0,283	1,5	1,698	33,960
Video Beam EPSON Powerlite S31+	6	0,291	1,5	2,619	60,237
Video Beam EPSON Powerlite S31+	1	0,291	1,5	0,437	8,730
Video Beam EPSON Powerlite S39	2	0,326	1,5	0,978	22,494
Video Beam EPSON Powerlite S39	1	0,326	1,5	0,489	9,780
Video Beam EPSON Powerlite S8+	1	0,280	1,5	0,420	8,400
Video Beam EPSON Powerlite W8+	1	0,280	1,5	0,420	9,660
Video Beam INFOCUS	2	0,260	1,5	0,780	17,940

Bloque II					
Electrodomésticos	Cantidad	Potencia (kW)	Consumo promedio (horas)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)
Video Beam INFOCUS	1	0,260	1,5	0,390	7,800
Video Beam ViewSonic PJD5132	2	0,250	1,5	0,750	17,250
Video Beam ViewSonic PJD5132	1	0,250	1,5	0,375	7,500
Total Consumo Mensual (kWh)					6487,101