



Cálculo huella de carbono Corporación Colombiana de Logística

María Camila Torres Rojas

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá

Cálculo huella de Carbono Corporación Colombiana de Logística

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniería Ambiental

Director: Juan Garcia

Línea de Investigación: Gestión Ambiental

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

Tabla de Contenido

Cálculo huella de carbono Corporación Colombiana de Logística	1
Ingeniero Ambiental	2
1. Resumen	8
2. Abstract	8
3. Introducción.....	9
4. Planteamiento del problema	10
4.1 Pregunta de Investigación.....	10
5. Justificación.....	11
6. Objetivos	12
6.1 Objetivo general.....	12
6.2 Objetivos específicos.....	12
7. Marcos de referencia	13
7.1 Marco de antecedentes	13
7.2 Marco teórico	15
7.3 Marco conceptual	16
7.3.1 Cambio Climático	16
7.2.2 Huella de carbono:	17
7.2.3 Los Gases de efecto Invernadero	17
7.2.4 Consecuencias de los gases de efecto invernadero	18
7.3.5 SGA	18
7.3.7 ISO14064-1, 2020	19
8. Marco Normativo.....	19
9. Marco Geográfico.....	22
10. Marco Institucional.....	23
11. Marco metodológico.....	23
11.1 Enfoque y alcance	23
11.2 Diseño metodológico.....	24
11.3 Justificación selección del método	25
11.4 Aplicación de la metodología de la ISO 14064-1 del 2020 para el primer objetivo.....	25
11.4.1 Definición de límites del sistema	26
11.5 Aplicación de la metodología de la ISO 14064-1 del 2020 para el Segundo objetivo.....	27
11.5.1Cuantificación de las emisiones	27
11.6 Aplicación de la metodología de la ISO 14064-1 del 2020 para el Tercer objetivo.....	31

12.	Resultados.....	31
12.1	<i>Resultado Objetivo 1: Definir los limites operacionales y organizacionales de la empresa por medio de los principios fundamentales mencionados en la norma.</i>	<i>31</i>
12.2	<i>Resultados Objetivo 2: Realizar el inventario de gases de efecto invernadero por medio los lineamientos dela norma NTC – ISO 14064-1.....</i>	<i>33</i>
12.3	<i>Objetivo 3: Proponer una opción de mejora en la actividad con mayor emisión para disminuir la huella de carbono.....</i>	<i>39</i>
13.	Análisis y discusión de resultados.....	43
14.	Conclusión.....	49
15.	Recomendaciones.....	50
1.	Referencias Bibliográficas.....	8

Listado de Tablas

Tabla 1 Comparación de metodologías de medición de huella de carbono	15
Tabla 2 Principio para el desarrollo de la norma 14062-1.	19
Tabla 3 Diseño metodológico de todo el proyecto	24
Tabla 4 Criterios de decisión para definir los límites organizacionales iso14064-1	26
Tabla 5. Factores de emisión por tipo de combustible	28
Tabla 6 Rendimiento de combustible y factor de emisión de cada tipo de transporte.	30
Tabla 7 Áreas de la empresa del cálculo de la huella de carbono	32
Tabla 8 Identificación y clasificación de fuentes de emisión según la iso 14064-1	33
Tabla 9 Consumo de combustible por cada flota propia	34
Tabla 10 Cuantificación emisiones de transporte flota propia	35
Tabla 11 Emisiones directas de carga de combustión categoría 1	35
Tabla 12 Emisiones directas gases refrigerantes	35
Tabla 13 Emisiones de planta eléctrica	36
Tabla 14. Emisiones indirectas mensuales de consumo energía	36
Tabla 15. Consumo de energía por sector de corporación colombiana de logística	37
Tabla 16 Emisiones indirecta de movilidad empleados 2021	38
Tabla 17. Cálculo total de emisiones huella de carbono total	38
Tabla 18 Presupuesto general de cambio de luminarias-	40
Tabla 19 Huella de carbono por categoría identificada por la iso 14064-1	43

Listado de Figuras

Figura 1 Metodología modificada a la norma iso 14064-1	14
Figura 2 Ubicación corporación colombiana de logística	22
Figura 3 Mapa de procesos de la empresa corporación colombiana de logística	23
Figura 4 Mapa de procesos de la empresa corporación colombiana de logística	23
Figura 5 Metodología general para el cálculo de la huella de carbono de c.c.l de acuerdo con los lineamientos de la iso 1406-1	26
Figura 6 Metodología de la mejora en el proceso de mayor emisión	31
Figura 7 Emisiones movilidad empleados t CO ₂ -eq	38
Figura 8 Distribución de la huella de carbono de c.c.l.....	43
Figura 9 Consumo de combustible vehículos flota propia.....	44
Figura 10 Porcentaje de emisión de CO ₂ -eq	44
figura 11 Consumo de energía de coloración colombiana de logística	46
Figura 12 Distribución de medio de transporte por trabajador.....	48

Tabla de Ecuaciones

Ecuación 1 Cantidad de emisiones t co ₂ -eq	ecuación 1 ecuación general de la cantidad de emisiones en toneladas de co ₂ -eq	28
Ecuación 2 Emisiones de transporte flota propia CO ₂ -eq		28
Ecuación 3 Emisiones de sistemas de enfriamiento CO ₂ -eq		29
Ecuación 4 Emisiones de sistemas de energía consumida CO ₂ -eq		29
ecuación 5 Emisiones de sistemas de planta de energía CO ₂ -eq		29
Ecuación 6 Estimación de consumo de combustible		30
Ecuación 7 Emisiones de medios de transporte CO ₂ -eq		31

1. Resumen

El calentamiento global es una problemática que a nivel mundial ha generado un gran impacto sobre el equilibrio y funcionamiento habitual de la naturaleza; en los últimos años ha ido en aumento por el desarrollo de actividades antrópicas que generan gran cantidad de gases de efecto invernadero. Actualmente, existen varias metodologías para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en las empresas, la huella de carbono es un indicador de desempeño ambiental que cuantifica las emisiones y sirve como base para el desarrollo de mejoras en la reducción de las mismas. El presente trabajo tuvo como objetivo calcular la huella de carbono de la empresa Corporación Colombiana de Logística, teniendo en cuenta las principales actividades de servicio. Para el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología basada en la norma ISO 14064-1 de 2020, en donde se desarrolló la identificación y cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Se observó el consumo de energía eléctrica categoría 2 (emisiones indirectas) como principal fuente de emisión, con un total de 81,834 t CO₂ eq. El transporte de flota propia (categoría 1 emisión directa) tuvo un total de 46,18 t CO₂ eq y movilidad de empleados, con un resultado del 49,835 t de CO₂ eq. Como tercer resultado se identificó un ahorro del 30% en la implementación de sistemas de ahorro de energía en la actividad de almacenamiento de mercancía general.

Palabras clave: Huella de carbono, ISO14064-1, logística, Gases de efecto invernadero

2. Abstract

Global warming is a worldwide problem that has had a great impact on the balance and normal functioning of nature; in recent years it has increased due to the development of anthropic activities that generate large amounts of greenhouse gases. Currently, there are several methodologies for estimating greenhouse gas emissions in companies; the carbon footprint is an environmental performance indicator that quantifies emissions and serves as a basis for the development of improvements in their reduction. The objective of this work was to calculate the carbon footprint of the company Corporación Colombiana de Logística, taking into account the main service activities. For the development of the research, the methodology based on ISO 14064-1 of 2020 was used, where the identification and quantification of greenhouse gas emissions was developed. Electrical energy consumption category 2 (indirect emissions) was observed as the main source of emissions, with a total of 81,834 t CO₂- eq. Own fleet transportation (category 1 direct emission) had a total of 46.18 t CO₂- eq and employee mobility, with a result of 49.835 t CO₂- eq. As a third result, a 30% saving was identified in the implementation of energy saving systems in the general merchandise storage activity.

Keywords: Carbon footprint, ISO14064-1, logistics, Greenhouse gases Summary

3. Introducción

El cambio climático causado por las actividades humanas ha generado grandes consecuencias en el funcionamiento de los sistemas naturales y ha aumentado la afectación a la calidad de vida de la población mundial. (Uribe Botero, 2015). La capacidad de los ecosistemas para responder ante este fenómeno disminuye con el tiempo, y genera la aparición de fenómenos meteorológicos de manera simultánea y de difícil control (IPCC, 2022). Según el informe de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), las emisiones generadas por los tres principales gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , NO_2) tuvieron sus niveles máximos en el año 2021, con valores de 415.7 ± 0.2 ppm, 1908 ± 2 ppb y 334.5 ± 0.1 ppb respectivamente. (Barrie y Braathen, 2022). Dentro de las principales actividades de generación aparece el suministro de energía con un 34% de las emisiones totales (20 Gt CO_2), el sector de la industria con un 24% (14 Gt CO_2), la agricultura con un 22% (13 Gt CO_2) y el sector de transporte con un 15% (8,7 Gt CO_2), respecto a las emisiones totales. (IPCC, 2022) En América Latina, el sector del transporte aporta aproximadamente el 35% de las emisiones relacionadas con la quema de combustibles (Andes, 2022); un porcentaje elevado que va en crecimiento debido a la falta de medidas y estrategias oportunas para la mitigación de GEI. Las empresas destinadas a la logística cuenta actividades como el almacenamiento, consumo de energía, transporte y distribución de mercancía, lo que tienen un peso importante en la generación de emisiones a nivel nacional (Ferrer, 2022); según el informe de la IPCC para la mitigación del cambio climático es de gran importancia lograr una reducción del 43% de las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030, y así lograr la meta de no subir la temperatura de la tierra mayor a $1,5^\circ\text{C}$ (IPCC, 2022) A finales del año 2020, el gobierno colombiano anunció el compromiso de disminuir sus emisiones a un 51%, y desarrollar una agenda específica clara y multisectorial para el año 2030 (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2021). De acuerdo con esto, el sector empresarial ha decidido contribuir con esta meta, y buscar herramientas que permitan visualizar el nivel de contaminación de las principales actividades y actores en su organización. La huella de carbono; es un indicador de desempeño ambiental adecuado a las necesidades de la organización, pues cuantifica la cantidad de emisiones de GEI que generan las actividades antrópicas y permite desarrollar alternativas para disminuir las emisiones (Andrea y Guzmán, 2018). De acuerdo con lo anterior, la empresa Corporación Colombiana de Logística decidió calcular la huella de carbono de sus principales actividades en almacenamiento y transporte, con el objetivo de conocer su impacto en cuanto a la generación de emisiones e implementar estrategias de mitigación para aumentar los beneficios ambientales y lograr una reducción de sus emisiones. Se utilizó la metodología establecida por la ISO 14-064 como base de la medición de los GEI, y se desarrollaron mejoras en las actividades que reportaron mayor generación de GEI.

4. Planteamiento del problema

El calentamiento global es un fenómeno que ha generado gran problemática a nivel mundial en materia ambiental, pues los gases de efecto invernadero que se producen en las actividades humanas, generan una retención mayor de calor en la atmosfera por lo que la temperatura media de la tierra aumenta. (Naciones Unidas, 2022) En el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se menciona que el aumento de las olas de calor, sequías e inundaciones han superado los estándares de tolerancia y han generado la muerte de gran cantidad de especies de corales y árboles, además de ocasionar inseguridad alimentaria, incremento de los niveles de contaminación en el aire, escasez de alimentos y pobreza. (IPCC, 2022b). Las principales fuentes de emisión a nivel mundial surgen de las actividades que llevan a procesos de descomposición natural, combustión en actividades industriales o producción de diferentes materias primas para el funcionamiento de la sociedad actual. La energía, industria, tala de árboles, transporte, producción de alimentos, consumo excesivo y agricultura son de las principales actividades fuentes de emisión a nivel mundial. (Naciones unidas, 2021).

Hoy en día las externalidades ambientales generadas por las operaciones de distribución y servicios de logística han pasado por alto, y no se ha tomado la importancia necesaria (Nieuwenhuis, Beresford, y Choi, 2012); los principales contribuyentes de la huella de carbono en la cadena de suministro, es el consumo de energía en la fabricación y logística (almacenamiento y transporte) (Sundarakani, de Souza, Goh, Wagner, y Manikandan, 2010). De igual forma el sector de transporte genera un 14% de las emisiones globales, dentro de las cuales el 40% corresponden al transporte de carga en el sector logístico. (EPA, 2022). El 14.3 % corresponden a las emisiones a nivel nacional y el 12 % a las emisiones generadas en la capital (IDEAM, 2016). Además es importante reconocer la falta conocimiento y control de las emisiones que generan las actividades del sector; según el informe del foro económico mundial realizado en 2020 se revela que entre 872 empresas dedicadas al transporte, el 70 % no divulga sus emisiones, o las divulga parcialmente, y menos de la mitad han reducido las emisiones de CO₂ con respecto al año anterior. (Herhold y Farnworth, 2020) Es por esto que es necesario la implementación de herramientas como la huella de carbono, que calculan un valor estimado de las emisiones de la empresa y facilitan el control y búsqueda de estrategias de mejora para su disminución. (Ministerio para la Transición Ecológica, 2017)

En el caso de la empresa de estudio, Corporación Colombiana de Logística, se identificó que no existe conocimiento de la cantidad de gases de efecto invernadero que genera en sus principales actividades de almacenamiento transporte y acondicionamiento de mercancía. Debido a lo anterior se ha visto la necesidad de calcular la huella de carbono de sus actividades, y así poder realizar la mejor gestión en sus procesos.

4.1 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el valor de la huella de carbono generada en la empresa Corporación Colombiana de Logística?

5. Justificación

Uno de los mayores desafíos que enfrentan los países en materia ambiental es el cambio climático, y es entendido como la variación del clima atribuido a la actividad humana generada directa o indirectamente sobre el ambiente, lo que altera la composición de la atmósfera (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2022). El actual consumo diario de energía y modo de producción emite grandes cantidades de gases de Efecto Invernadero (GEI) que genera impactos negativos como lo es la alteración climática

Para dar respuesta a esta problemática se ha desarrollado la convención marco de naciones unidas sobre el cambio climático, en donde se busca establecer los lineamientos del control de los gases de efecto invernadero en la atmósfera y la lucha contra el cambio climático. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2022) Para alcanzar esto, todos los países deben desarrollar estrategias de disminución de las emisiones de las principales actividades de producción; en Colombia se desarrolló “*la estrategia colombiana de desarrollo, bajo en carbono*” con el objetivo de generar una disminución de un 20% de sus emisiones a nivel nacional. (Naciones Unidas, 1992) Por esto, se ha visto la necesidad de encontrar métodos o herramientas que midan los impactos generados por la emisión de estos contaminantes al ambiente. (Naciones Unidas, 1992).

El cálculo de la huella de carbono es un indicador de desempeño ambiental que cuantifica la cantidad de emisiones de GEI de las actividades antrópicas, y contribuye en el desarrollo de alternativas en la disminución de emisiones. (Andrea y Guzmán, 2018) Dentro de los principales beneficios de la implementación de esta herramienta, la huella de carbono suministra información base y verídica sobre la emisión de gases contaminantes y principales fuentes de emisión; esto contribuye para el desarrollo en las mejoras en la reducción de los consumos energéticos, disminución de costos y la oportunidad de identificar nuevas opciones de negocio (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2022)

En términos generales, dentro de las actividades industriales, las empresas (producción, distribución transporte) han visto el cálculo de la huella de carbono como una herramienta oportuna para obtener información de referencia en la generación emisiones y así desarrollar ofertas de alternativas sostenibles en sus procesos con mayor rentabilidad económica. (Schneider y Samaniego, 2010). El sector de logística tiene en cuenta actividades principales de almacenamiento y transporte, que generan un aproximado de 2800 megatoneladas de CO₂-eq equivalentes al 5.5% del total de emisiones mundiales (Doherty et al., 2009). Por lo anterior es importante estimar las emisiones del sector de logística y buscar estrategias de mejora, la huella de carbono es una aproximación fundamental para lograr la racionalización de las emisiones en la cadena de suministro y lograr mejoras en los procesos. (Doherty et al., 2009).

La empresa Corporación Colombiana de Logística, dedicada a prestar servicios de logística (almacenamiento, Acondicionamiento y transporte de mercancía), ha visto la importancia de realizar el cálculo de la huella de carbono como herramienta para proporcionar la línea base de la cantidad de emisiones generadas, y realizar mejoras en los procesos. La empresa cuenta con certificación de la norma ISO 14001 y la implementación de este indicador aporta a la mejora continua de los procesos, establecida como uno de los pilares fundamentales en la política ambiental y el sistema de gestión ambiental de la empresa.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Calcular la huella de carbono de las principales actividades de la empresa Corporación Colombiana de Logística, por medio de la metodología de la ISO 14064-1.

6.2 Objetivos específicos

- Definir los límites operacionales y organizacionales de la empresa por medio de los principios fundamentales mencionados en la norma.
- Realizar el inventario de gases de efecto invernadero por medio de los lineamientos de la norma NTC – ISO 14064:2006-1
- Proponer opción de mejora en el proceso con mayor emisión de gases de efecto invernadero, con el fin de disminuir la huella de carbono

7. Marcos de referencia

7.1 Marco de antecedentes

El nivel de contaminación en el sector de logística y transporte es elevado, constituye una fuente importante de emisiones, a nivel mundial, y se debe principalmente a dos sectores, el transporte y el almacenamiento (Luna Sainz, 2019). Estos procesos consumen un gran porcentaje de energía proveniente de combustibles fósiles y cuentan con el transporte como actividad significativa de contaminación, según el informe realizado en la ciudad de Londres, el transporte emite el 14% de las emisiones totales de GEI (gases de efecto invernadero), con tres cuartas partes de estas emisiones del transporte por carretera (Stern, 2006).

Por otro lado, los enfoques, las metodologías y estrategias relacionados con la mitigación de la huella de carbono se han podido implementar a través de diferentes estudios de caso focalizados en regiones diferentes. Es así, como el trabajo investigativo llevado a cabo por la Universidad Autónoma del Occidente (2012. p. 63) muestra como la existencia de diferentes metodologías puede impactar los resultados en la disminución de GEI utilizando metodologías relacionadas con la norma ISO 14064 y el protocolo GHG, implementadas como directrices que guían la cuantificación de la huella de carbono.

La aplicación de la metodología de la ISO 14064-1 se ve reflejada en diferentes sectores de la industria, educación, y prestación de servicios. Esta metodología fue aplicada para el cálculo de huella de carbono de la universidad de la Salle, en sus principales actividades. Se menciona la importancia de la aplicación de esta metodología, pues existen una serie de ventajas que tienen como finalidad coordinar y unificar los datos para lograr una efectividad en reducción de costos y de emisiones de GEI. Esta norma proporciona estándares de calidad en los datos, y el desarrollo de actividades de una empresa en el de cualquier actividad económica. (David, Párraga, Alejandra, y Molina, 2020) En un estudio realizado, dedicado a encontrar soluciones ecológicas contemporáneas para la logística e Industria del transporte, en China, se aplicó la metodología establecida en la norma ISO14064-1 y se encontró que esta, hace parte de los estándares solicitados en los informes para logística y carbono interno, y se menciona que en términos de neutralidad de carbono en el sector de logística, se brinda la verificación de los recursos (transporte y almacenamiento) y logra tener una línea base verificada para posterior acciones en minimización del daño al medio ambiente (Mak, Wong, Ho, y Lee, 2022)

De acuerdo con lo anterior, casos como el grupo empresarial Bimbo, Coca Cola, Famsa, Nestlé: entre otros, registraron alcances 1 y 2 del inventario y pudieron, no solo medir la huella de carbono sino se ha logrado reducciones de materia de emisiones a través de diferentes alternativas apoyados por el programa GEI-México.(Hernán, Sotero, Felipe, y Losada, 2012) Del mismo modo, la misma investigación realizó un estudio de caso aplicado a una empresa de alimentos en Valledel Cauca, para medir HC a través del desarrollo de una metodología de la ISO 14064-1 en la versión 2006, propuesta, mostrada a continuación:(Figura 1).

Figura 1 Metodología modificada a la norma ISO 14064-1



Fuente: Modificado de (Hernán et al., 2012)

Esta metodología presenta fue acompañada por nuevas herramientas que utilizaron diagrama de límites, fuentes fijas, y las medidas de emisiones en diferentes áreas de la empresa que incluye transporte, siempre acompañadas del protocolo GHG. Los resultados arrojaron que el 67% de las emisiones se concentran en fuentes fijas representadas en combustibles, el 24% está reflejado en la energía eléctrica, un 4% corresponde al transporte interno, aunque la mayor huella de carbón se utiliza en el uso de carbón mineral en procesos de alimentación, el transporte y combustible generan índices considerables que es necesario atender. (Hernán et al., 2012)

Por otra parte, la aplicación de esta metodología se ve reflejado en el proyecto de investigación desarrollado en la empresa Yokogawa Colombia S.A.S con la regulación ISO 4064-1 , y el protocolo GHG. (Montenegro, Catalina, Carvajal, y Vargas, 2018). En esta investigación se hallaron varios hallazgos importantes. En primer lugar, en el sector de transporte, se vio la importancia de tener en cuenta las distancias y las cargas promedio entre almacén y clientes para la determinación del consumo y factores de emisión. En el área de almacenamiento, se destacó la determinación de las cargas promedio en cuanto a peso y el combustible en el transporte interno de mercancía. Los resultados de la investigación arrojaron que “la principal emisión es el consumo de combustible en las actividades de transporte interno y externo, por lo que es de gran importancia buscar alternativas de reducción adecuadas como vehículos eléctricos que se propone como alternativa. (Montenegro, Catalina, Carvajal, y Vargas, 2018).

Asimismo, se reconoció que las medidas implementadas en los periodos estudiados redujeron el 68% las emisiones de la empresa”. (Montenegro et al., 2018). Por lo tanto, un resultado que es constante y claro en las dos investigaciones expuestas, es el menor nivel de carga de emisiones de GEI, para el sector de almacenamiento, a comparación del producido por el sector del transporte.

Por último, se resalta otro estudio enfocado en el estudio de la huella de carbono del sector logístico en China. En este se recolecta una discusión de la evolución de las emisiones de carbono en la industria de la logística en Heilongjiang Province, China. La investigación utilizó el indicador de intensidad de emisiones de carbono medidas por cada unidad de IB. (Chen and Wu, 2022)

El cálculo se realizó en función del consumo de energía, los coeficientes de carbono estándar de diferentes combustibles y los coeficientes de emisión de carbono. Tras el desarrollo de esta metodología y la utilización del índice, se pudo concluir que las emisiones de carbono totales de la industria de logística generalmente mostraron una tendencia al alza, aumentando de 1,66 millones de toneladas en el 2000 a 6,21 millones de toneladas en 2020, un aumento del 274%. Del 2000 al 2010, las emisiones totales de carbono aumentaron constantemente de casi el 80%, que se debió al aumento sustancial del consumo de energía de carbón crudo. (Chen and Wu, 2022)

De acuerdo con estudios similares en años anteriores después de 2015, el informe indica que “las emisiones de carbono mostraron una tendencia decreciente, con una disminución anual promedio de 0,1927 millones de toneladas. La razón principal fue que el consumo de energía limpia como el gas natural se contó y registró en el anuario estadístico de la provincia de Heilongjiang desde 2016, y se redujo el consumo de energía de carbón crudo”. (Chen and Wu, 2022)

Por lo tanto, es necesario resaltar la importancia del uso de la metodología, las regulaciones y los esquemas utilizados para la medición de la HC para realizar la medición de carbono acorde al contexto y las herramientas disponibles en las empresas o sector estudio, así mismo resaltar la importancia de estas mediciones para la implementación y adaptación de medidas y mejoras en pro de la reducción de las emisiones de GEI en los procesos productivos, de almacenamiento y de productos.

7.2 Marco teórico

La huella de carbono es un indicador que tiene como objetivo principal cuantificar la cantidad de gases de efecto invernadero de la empresa, incluyendo las emisiones directas e indirectas calculadas en un solo valor de cantidad de CO₂-eq. (Andrea y Guzmán, 2018). Además, permite a la organización conocer a profundidad la operación de su proceso, e identificar los principales puntos de mejora tanto a nivel ambiental como a nivel económico (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible.,2022). Este indicador surgió de la necesidad global de tener una estimación y posterior control de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero). Pues la generación de estos gases tanto naturales como antrópicos emiten y absorben radiación con ciertas longitudes de onda del espectro infrarrojo de la atmosfera, lo que produce el efecto invernadero y provoca el aumento de la temperatura del ambiente (IDEAM, 2022). Además, este fenómeno incrementa la variabilidad natural del clima causada por la alteración de las condiciones de la atmosfera, por lo que aparece el fenómeno de cambio climático. (IDEAM, 2022). A partir de esto, la huella de carbono desarrolla la identificación y cuantificación de fuentes de emisión y llevan a la empresa a tener un sistema de información base para luego desarrollar opciones de mejora y lograr un control general. (Ihobe y IDOM, 2012) Para la estimación de huella de carbono, existen varias metodologías y protocolos establecidos observados en la tabla 1, sin embargo, es importante tener en cuenta el enfoque y alcance que la organización requiere para su medición.

Tabla 1 Comparación de metodologías de Medición de huella de Carbono

ISO 14064-1	GHG Protocolo.
Cuenta con las condiciones necesarias para el cálculo de la huella de carbono incluidos los límites y alcances de la Organización, para luego identificar de forma oportuna las fuentes de emisión Orientar, coordinar, simplifica y unificar los datos generales para luego el desarrollo de su verificación en la calidad de los datos, coherencia y transparencia de los datos Permite a la empresa identificar y gestionar sus responsabilidades ambientales relacionadas con los GEI, buscando mejoras en los procesos (Departamento del medio ambiente y planificación territorial, 2012)	Metodología extensa pero eficaz en la implementación de huella de carbono en un proceso productivo. Proporciona la línea base para la evaluación y análisis de las emisiones GEI, junto con los lineamientos y da las pautas para reportar las emisiones, esto con el fin de buscar la reducción y capturas de estos gases. Determinación de las Fuentes directas e indirectas de la organización. (Departamento del medio ambiente y planificación territorial, 2012)

Bilan Carbone	Pas 2060 2020
Es una metodología con estándar francés, desarrollada en el año 2004, y basada en las metodologías de la ISO 14064 y el GHG protocolo - Ofrece una plataforma digital para realizar la estimación de huella de carbono en las organizaciones - Plantea requerimientos de huella de carbono centrándose en el cálculo de factores de emisión y permite hacer modificaciones y ajustes a los mismos. - Se puede aplicar a todas las etapas ACV hasta el alcance de fuentes de energía, producción de materiales, transporte, residuos sólidos y sistemas de gestión. - En la implementación se requiere licencia, sin embargo, el acceso a la información correspondiente a los factores de emisión es libre y hay un gran repertorio CEPAL, 2021)	Metodología desarrollada por British Estándar Institution, para brindar herramientas para cumplir con la meta de carbono neutro. Es una metodología que responde a las normativas de la ISO y HHG protocolo - Cuenta con una guía metodológica de los criterios específicos para cada etapa del ciclo de vida - Propone planes de acción para la reducción de emisiones - Tiene en cuenta procedimientos para llevar a cabo la validación y verificación del cálculo de huella CO₂ (Carolina, Pereira, Sebastián, Henao, y Hoess, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los principales beneficios de la implementación de esta herramienta es la reducción de los consumos energéticos de las principales actividades de las empresas, por lo que se logra un ahorro energético, disminución en la generación de costos y la oportunidad de identificar nuevas opciones de negocio (Ministerio para la Transición Ecológica, 2017).

Para el sector logístico se ha encontrado que las principales actividades de generación de contaminantes son el uso de transporte y en consumo de energía en el almacenamiento. En cuanto al transporte, es importante resaltar que, según el informe Stern, a nivel mundial, el transporte representa el 14% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Tres partes de estas emisiones le pertenecen al transporte por carretera, específicamente el de carga. (Stern, 2006) Por lo tanto, el cálculo de la huella de carbono cumple un papel fundamental para desarrollar estrategias en los sistemas de control general de las empresas de logística, en sus procesos de transporte de mercancía y gasto de energía en el almacenamiento y despacho de mercancía para su posterior distribución.

7.3 Marco conceptual

7.3.1 Cambio Climático

Según la Organización de Naciones Unidas, el cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales por las variaciones en el ciclo solar o producidos por quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. (Naciones Unidas, 2022). Se espera que el cambio climático tenga implicaciones

sin precedentes sobre dónde las personas pueden establecerse, cultivar alimentos, construir ciudades y depender del funcionamiento de los ecosistemas para los servicios que brindan. (UNEP, 2022).

Por lo tanto, la medición de la huella de carbono es fundamental para tomar rutas de acción que mitiguen los GEI que aceleran el cambio en la temperatura de la tierra, pues según los últimos informes de la ONU,

“miles de científicos y revisores gubernamentales coincidieron en que limitar el aumento de la temperatura global a no más de 1,5 °C nos ayudaría a evitar los peores impactos climáticos y a mantener un clima habitable. Sin embargo, según los actuales planes nacionales sobre el clima, se prevé que el calentamiento global alcance unos 3,2 °C para finales de siglo.” (Naciones Unidas, 2022b)

7.2.2 Huella de carbono:

De acuerdo con la definición de la CEPAL, la huella de carbón es una medida para cuantificar la cantidad de gases de efecto invernadero generados por una empresa durante del ciclo de vida de un producto, en la cadena de producción, consumo recuperación al final del ciclo y eliminación (Frohmann y Ximena Olmos, 2013). La HC se mide toneladas equivalentes al dióxido de carbono para poder expresar las emisiones de los diferentes gases de efecto invernadero identificados por el protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Cuando se mide el HC, para el inventario de GEI se realiza ejercicios de contabilidad de emisiones, puesto que el objetivo final del mismo suele ser la reducción de dichas emisiones con actividades de mitigaciones o compensaciones. La HC ha sido una herramienta útil que ha sido implementados de diferentes formas y ritmos dependiendo la normatividad del país. (Frohmann y Ximena Olmos, 2013)

Ahora, es importante resaltar las diferentes fuentes de emisiones necesarias en el análisis. Emisiones directas: se identifican como aquellas emisiones que genera la misma propiedad en la cadena de producción, almacenamiento u transporte controlados por esa área. Emisiones indirectas: las emisiones indirectas son aquellas que son producidas por consecuencia de las actividades de la entidad que realiza la medición, pero de fuentes que no son propiedad de la misma. (Frohmann y Ximena Olmos, 2013)

7.2.3 Los Gases de efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda infrarroja, emitida por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes. Así es, como la propiedad produce efecto invernadero. (IDEAM y, 2016). Como su nombre lo indica, estos gases son los causantes principales del efecto invernadero, definido como el proceso por el que la radiación térmica emitida por la atmósfera es absorbida por los gases presentes e irradiada en todas las direcciones. (Cepa, 2015), y es así, como la radiación continua de estos gases aumenta los niveles de calentamiento global al proyectar a la superficie terrestre todo lo absorbido.

Los gases de efecto invernadero se clasifican de acuerdo con el nivel de afectación y tipo de emisión a la atmósfera. Existen los gases de efecto invernadero directos, caracterizados por contribuir en la emisión a la atmósfera y contribuir al efecto invernadero. En este grupo está el dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y los compuestos halogenados. Por otro lado, están los gases de efecto invernadero indirectos definidos como los precursores del ozono troposférico, contaminantes en el aire de manera local, y que al subir a la atmósfera

contribuyen a la formación de los GEI. En este grupo se encuentran el ozono O₃, los óxidos de nitrógeno, monóxido de nitrógeno (CO) y otros producidos por el ser humano, como los halo carburos, sustancias contenidas de cloro y bromo, hexafluoruro de azufre, los perfluorocarbonos (PFC). (Oswaldo, Ballesteros, Esperanza, y Aristizabal, 2007)

7.2.4 Consecuencias de los gases de efecto invernadero

El acuerdo de París planteo el gran impacto que ha tenido el efecto de los GEI en la atmosfera de la tierra, en el aumento de la temperatura de la tierra, lo cual afectado a varios ecosistemas y ambientes prolongadamente. “Las consecuencias generales se relacionan con un mayor calentamiento y cambios en el clima global, así como cambios en el clima global, aumentando la probabilidad de grandes, generalizados e irreversibles cambios en la población y los ecosistemas” (Cepa, 2015).

De la misma forma, el aumento en la temperatura de la tierra cambia las condiciones de la vida del planeta en varias esferas. La empresa española Iberdrola dedicada a la producción y distribución de energía, comenta que el impacto se ve en la aparición de fenómenos como lo es deshielo de masas glaciales, inundaciones de islas y ciudades costeras, huracanes más devastadores, migraciones de especies, desertificaciones de zonas fértiles, impacto en la agricultura y ganadería, etc. Además de esto, el impacto abarca la salud humana de la misma manera, con efectos profundos en la escasez de alimentos, propagación de enfermedades y pandemias, entre otras. (Iberdrola, 2022). Los cambios en el ciclo hidrológico es una de las grandes consecuencias; y afecta las actividades principales como la falta de disponibilidad de agua potable a poblaciones, afectación al sistema natural y biodiversidad, quiebre en el funcionamiento de las actividades humanas e infraestructura, además de afectar la estructura y composición de poblaciones vegetales (Jones, Osborn, y Briffa, 2001).

7.3.5 SGA

Conjunto de la política, los procedimientos, mecanismos e instrumentos para desarrollar el programa ambiental aplicado en las empresas. En este sentido, el SGA se basa en dos conceptos: el de mejora continua y cumplimiento legal. Es así, como según Escuela de Administración de Negocios, el SGA exige que la empresa defina objetivos ambientales, un sistema de gestión necesario para cumplir esos objetivos y que cumpla con los procesos, procedimientos y actividades de este sistema. Dentro de la gestión, se puede ver diferentes rutas para desarrollar el programa ambiental y establece procedimientos y actividades de ese sistema.(Uribe y Bejarano, 2007). El objetivo principal de este sistema es dar a las organizaciones un marco de referencia para actuar frente las condiciones ambientales cambiantes, teniendo como fin proteger al medio ambiente. Este sistema tiene un enfoque sistémico que contribuya a un desarrollo sostenible por medio de diferentes pilares importantes, en donde se busca prevenir, control o mitigar los impactos ambientales generados por la organización. Además, se busca proporcionar un apoyo en el cumplimiento de los requisitos legales, lograr una mejora continua en el desempeño ambiental, y lograr beneficios financieros y operacionales. El modelo que se basa es el ciclo PHVA (Planear, hacer, verificar y actuar), proceso que tiene en cuenta las necesidades y expectativas de la compañía.(Organización Internacional de Normalización, 2015)

El despliegue del SGA es un factor clave, porque permite que el recurso humano de la organización se concientice de sus responsabilidades, de los objetivos del sistema y de cómo comprometerse para su éxito. El SGA requiere de una evaluación planificada y periódica para asegurar la eficacia en su desarrollo.

7.3.7 ISO14064-1, 2020

LA ISO (La organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización. Ahora, la Norma ISO 14064-1 define los principios, los requisitos y las directrices para cuantificación de la huella de carbono de los productos. Su propósito principal es cuantificar emisiones de GEI asociadas con las etapas del ciclo de vida de un producto, comenzando con la extracción de los recursos y adquisición de materias primas y extendiéndose luego a la producción. El uso y el fin de la vida útil del producto. (ISO, 2020) De la misma forma, ofrece claridad y coherencia en la cuantificación, procesos de evaluación y seguimiento y verificación o validación de emisiones y remociones de GEI para apoyar el desarrollo sostenible. Además de esto, la norma define los requisitos para organismos que validan y verifican declaraciones de GEI. Los requisitos abarcan imparcialidad, competencia, comunicación, y procesos de validación y verificación. El informe técnico ISO/TR 14069 ayuda a los usuarios en la aplicación de este documento con directrices y ejemplos para mejorar la transparencia de la cuantificación y de los informes de emisiones. (ISO, 2020)

Tabla 2 Principio para el desarrollo de la norma 14062-1.

Principio	Aplicación del concepto en la empresa
Pertinencia	Selección de fuentes de emisión de GEI y datos apropiados a las principales actividades de C.C.L. Para esto se realizó el reconocimiento del estado actual de la empresa en el consumo de los recursos e insumos en términos de emisión de GEI
Integridad	Se realizó la inclusión de las emisiones y remociones pertinentes por medio de la identificación y delimitación de las fuentes, directas e indirectas de las actividades de la empresa.
Coherencia	Se desarrollo comparaciones significativas en la información relacionada con los GEI
Exactitud	En la medida de lo posible se calculó la incertidumbre para tener una mayor exactitud en los datos y cálculos desarrollados.
Transferencia	Se realizó la divulgación de información pertinente para la toma de decisiones

Fuente : Elaboración propia. Adaptado de la ISO 14064-1 (ISO, 2020)

8. Marco Normativo

A continuación, se relacionan en una tabla la cantidad de normas aplicables en el proyecto

Normativa nacional				
Tipo	Número	Año	Declarado por	Concepto
Constitución Política		1991	Corte constitucional	Artículo 79 : Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. Artículo 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Decreto Ley	2811	1974	Presidente de la república	Se dicta el Código Nacional de recursos naturales y renovables, Artículo 1 <i>El ambiente es patrimonio común</i> . El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.
Ley	1811	2016	Congreso de la república	Objeto incentivar el uso de la bicicleta como medio principal de transporte en todo el territorio nacional; incrementar el número de viajes en bicicleta, avanzar en la mitigación del impacto ambiental que produce el tránsito automotor y mejorar la movilidad urbana.
Ley de recursos Naturales	99	1993	Congreso de la república	Por la cual se crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Ministerio del Medio Ambiente. Establece los lineamientos para prevenir el deterioro grave a los recursos naturales renovables.

Decreto 926	926	2017	Presidente de la república	Procedimiento para la no causación del impuesto nacional de carbono Artículo 2.2.11.1.2. Verificación bajo esquemas de acreditación internacionales como la Norma ISO 14064:2006.
Decreto	456	2008	Alcaldía Mayor de Bogotá	"Por el cual se reforma el Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones"
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible		2011	Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible	El Objetivo es cambiar las prácticas insostenibles de producción o consumo de la sociedad, con el objetivo de reducir la contaminación, conservar los recursos y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, para fomentar la competitividad empresarial y elevar la calidad de vida.
NTC-ISO	14064	2006		Norma correspondiente a Gases de Efecto Invernadero (GEI).
Política Nacional de cambio climático		1997	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Busca promover una gestión del cambio climático que contribuya a avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos asociados a las alteraciones por efectos del cambio climático.

Normativa internacional			
Tipo	Año	Declarado por	Concepto
Acuerdo de París	2016	Organización de las Naciones Unidas para el medio ambiente	Busca que los países tengan un acuerdo de respuesta ante el cambio climático. Se busca que no se aumente la temperatura de la tierra mayor a 2 °C, por medio de las estrategias de disminución de gases de efecto invernadero (GEI)
Rio + 20 El Futuro	2012	Organización de las Naciones Unidas	El objetivo principal de la Conferencia es asegurar un compromiso político y los principios básicos para el concepto de desarrollo sustentable, además de proponer y discutir nuevos temas.
Protocolo de Kioto	1998	Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	Tiene objetivo que los gobiernos establezcan leyes y políticas para cumplir con los propósitos establecidos para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)
La norma ISO 14064	2006	Organización Internacional de Normalización	Proporciona a la industria y al gobierno un conjunto de herramientas para desarrollar programas destinados a reducir las emisiones de GEI

Fuente: Adaptación de (Departamento Nacional de Planeación de Colombia, 2011; Decreto 1299, 2008; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2010

9. Marco Geográfico

La empresa Corporación Colombiana de Logística es un operador logístico dedicado principalmente a la actividad de almacenamiento y transporte de mercancía. A nivel nacional cuenta con sedes en diferentes ciudades como Cali, Barranquilla, Medellín, Cartagena y Bogotá. Sin embargo, el presente estudio se realizó en la sede central en Bogotá. Esta sede queda ubicada en la localidad de Fontibón, Barrio Montevideo específicamente en la Av. Calle 22 # 68B – 75. (CCL, 2022)

Figura 2 Ubicación Corporación Colombiana de Logística



Fuente: Elaboración propia Google Earth, 2022

10. Marco Institucional

En la empresa Corporación Colombiana de Logística existen 3 grupos principales de procesos Figura 3 (CCL, 2022)). En primer lugar, están los procesos direccionales conformados por la alta gerencia de proyectos, calidad, financiera y planeación. En segundo lugar, se encuentran los procesos misionales, que están conformados por todas las actividades operativas relacionadas con la carga, el transporte, el acondicionamiento de los productos y el almacenamiento de mercancía y contenedores. En tercer lugar, se sitúa los procesos de apoyo enfocados en fortalecer

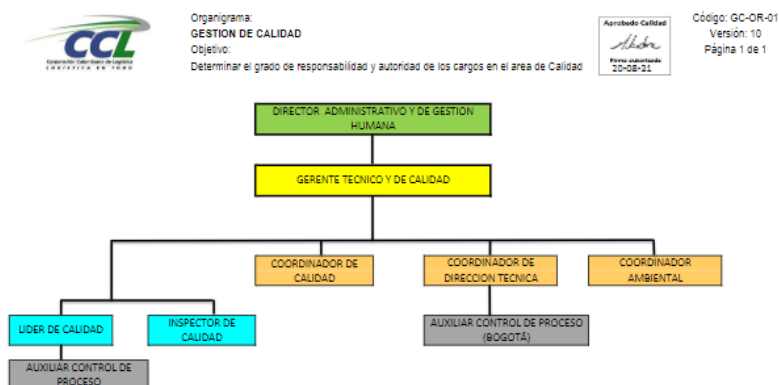
Figura 3 Mapa de procesos de la empresa Corporación Colombiana de Logística



Fuente: PGIRS Corporación Colombiana de Logística (CCL, 2022)

las principales áreas de la empresa en gestión humana, tecnología, seguridad, jurídica y gestión ambiental, que se articula bajo la dirección de la gerencia de calidad (Figura 3)

Figura 4 Mapa de procesos de la empresa Corporación Colombiana de Logística



Fuente: PGIRS Corporación Colombiana de Logística (CCL, 2022)

11. Marco metodológico.

11.1 Enfoque y alcance

Para el presente proyecto de investigación se cuenta con un **enfoque mixto no experimental** en donde se identificó una recolección y vinculación de datos cualitativos y cuantitativos,

(Hernández et al, 2015). Para la recolección de información e implementación en la metodología del proyecto, el enfoque cuantitativo se ve reflejado en la recolección, cuantificación y análisis de datos generales, dentro de los cuales están los hábitos y estilo de vida de los empleados en sus actividades principales de movilidad operación y consumo de energía. (Objetivo 2). Por otra parte, en el enfoque cualitativo, se desarrolló las diferentes estrategias de mejora (objetivo 3).

El alcance de esta investigación es un alcance **descriptivo**, enfocado en las características del fenómeno (las emisiones de gases de efecto invernadero.), análisis de datos y procesos que más generan emisiones, con el fin de brindar opciones de mejora en los procesos y lograr la disminución de estas emisiones.

Para el desarrollo del proyecto, se necesitó la aplicación de las de distintas técnicas e instrumentos que facilito la recopilación de la información y apoyo en la implementación, estudio, análisis y búsqueda de respuestas referentes al desarrollo del proyecto.

11.2 Diseño metodológico

Tabla 3 Diseño metodológico de todo el proyecto

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividad	Técnica	Instrumento
Calcular la huella de carbono de las principales actividades de la empresa Corporación Colombiana de Logística, por medio de la metodología de la ISO 14064-1, y así proporcionar opciones de mejora en los procesos.	Definir los límites operacionales y organizacionales de la empresa por medio de los principios fundamentales mencionados en la norma.	Recorrido por las instalaciones de la empresa Identificación de los límites del sistema Selección del año base del estudio	Observación Sistemática Investigación documental de la empresa	Bases de datos de la empresa CCI o control documental Formato consolidación información
	Realizar el inventario de gases de efecto invernadero por medio de los lineamientos de la norma NTC – ISO 14064:2006-1 y así las principales fuentes generadoras de emisiones.	Recolección y análisis de datos de la empresa o personal. Búsqueda de Información de factores de conversión y demás. Desarrollo de las ecuaciones de cálculo	Observación sistemática Investigación documental Encuestas Consulta con el área de manejo de la información	Bases de datos, libros, carpetas, artículos, medios físicos y virtuales 2. Formato de preguntas semiestructuradas. 3. Formatos de consolidación de información
	Proponer opción de mejora en el proceso con mayor generación de gases	Análisis de Actividades de mayor generación	Observación Sistemática, Investigación	Bases de datos, libros, carpetas, artículos, medios físicos y

	de efecto invernadero, con el fin de disminuir la huella de carbono.	Búsqueda de actividades o prácticas que mejoren los procesos que ayude a disminuir la generación de gases de efecto invernadero Cálculo de la nueva Huella de carbono con los cambios realizados	y revisión bibliográfica	virtuales
--	--	---	--------------------------	-----------

Fuente: Elaboración propia

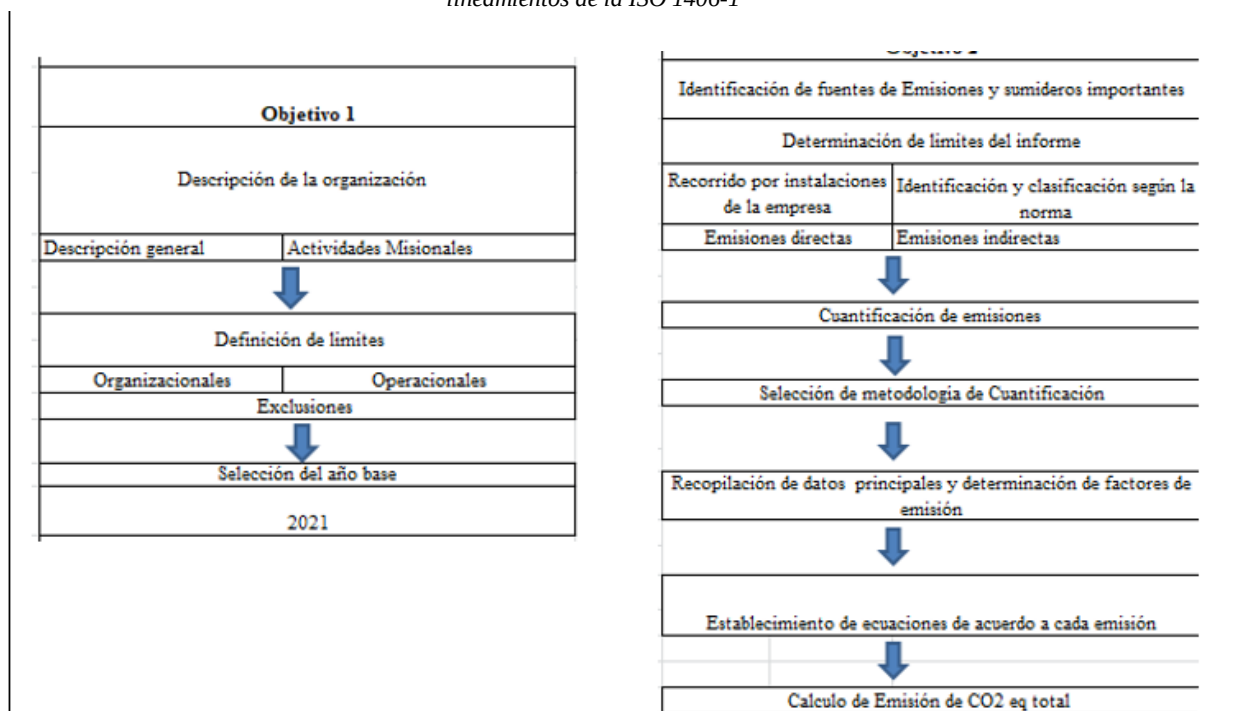
11.3 Justificación selección del método

Para la selección del método correspondiente al cálculo de la huella de carbono, se identificaron diferentes fuentes bibliográficas y se encontró que gran parte de estas metodologías van enfocadas al cálculo de la cantidad de emisiones del ciclo de vida de un producto en específico, y no del servicio prestado por las empresas, en este caso el sector de almacenamiento y transporte de mercancía. Se optó por la implementación de la metodología establecida en la norma ISO 14064 de 2006-1 “*Gases de Efecto Invernadero. Especificaciones y orientaciones, a nivel de la organización, para la cuantificación y la declaración de las emisiones y reducciones de gases de efecto invernadero*”, en donde se encuentran los principios y requisitos obligatorios a cumplir para el desarrollo y gestión del reporte de los inventarios de gases de efecto invernadero a nivel organizacional. Una ventaja de esa metodología es que ofrece credibilidad, veracidad y verificación los resultados de emisiones de CO₂ de las actividades principales de la empresa (Ministerio para la Transición Ecológica, 2017). De la misma forma, se seleccionó el método analítico deductivo, en la revisión literaria de la huella de carbono, de acuerdo con los requerimientos de la empresa de conocer y controlar las fuentes de emisiones con cantidades específicas.

11.4 Aplicación de la metodología de la ISO 14064-1 del 2020 para el primer objetivo

En el desarrollo de la metodología establecida en la ISO 14064 2020 “Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y reducciones de gases de efecto invernadero” (ISO, 2020), se tuvo en cuenta lo principales procesos que aparecen en la figura 5.

Figura 5 Metodología general para el cálculo de la huella de carbono de C.C.L de acuerdo con los lineamientos de la ISO 1406-1



Fuente: Elaboración propia adaptada de los lineamientos de la ISO 1406-1

Metodología general para el cálculo de la huella de carbono de C.C.L de acuerdo con los lineamientos de la ISO 1406-1

11.4.1 Definición de límites del sistema

Descripción de la organización

Se realizó una descripción de las actividades y procesos misionales, de la empresa, con el fin de empezar a desarrollar la definición de los límites del sistema o de la organización

Definición de los límites de la organización

Para el cálculo de la huella de carbono fue de gran importancia la definición de los límites del sistema, compuestos de los límites organizacionales y operacionales. En los límites organizacionales se definieron las instalaciones en donde las emisiones se contabilizarán dentro del inventario de emisiones. Para esto se tuvo en cuenta el control y cuota de participación, y en este caso se definieron las emisiones de GEI en las cuales la organización tiene control financiero u operacional (Ihobe y IDOM, 2012) según los criterios de decisión generales.

Tabla 4 Criterios de decisión para definir los límites organizacionales ISO14064-1

Criterios de Decisión (ISO1 14064-1)	Enfoque escogido en la organización
	Claridad de datos y control operacional
	Desarrollo de la capacidad de actuar frente a la disminución de GEI
	Existencia de los datos

Fuente. Elaboración propia adaptada de la “*Guía meteorológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1 2006 para el desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero*” (Ihobe y IDOM, 2012)

De igual forma, en la norma existen dos enfoques dentro del límite organizacional; por un lado, está el enfoque de control, donde se encuentran las organizaciones que ejercen control en todas sus operaciones, junto con la contabilizaron el 100% de las emisiones de las instalaciones que quedan dentro del alcance, mientras que en el caso del enfoque de cuota de participación, solo se contabiliza la parte proporcional a las acciones que la organización posee. (Ihobe y IDOM, 2012) En esta sección se realizó un reconocimiento de los procesos direccionales de la empresa para identificar el enfoque a desarrollar y obtener los datos y resultados pertinentes.

Exclusiones

Se mencionaron las emisiones que se excluyen del cálculo total de emisiones por la incapacidad técnica para el cálculo o la comunicación de este fue pertinente con las actividades principales de la empresa.

Selección de año base

Se realizó la selección de año en donde se obtuvieron todos los datos de entrada para los cálculos y estimación de la huella de carbono, esto teniendo en cuenta, el mismo alcance y metodología que se utilizará en el futuro para el cálculo del inventario.

11.5 Aplicación de la metodología de la ISO 14064-1 del 2020 para el Segundo objetivo

Identificación fuentes de emisiones y límites de informe.

Para la definición de los límites del informe e identificación de las fuentes de emisión, se realizó un reconocimiento de las principales actividades de la empresa por medio de un recorrido y revisión de las operaciones y del sistema documental, con el fin de conocer el funcionamiento las actividades misionales, y la identificación de las fuentes o sumideros de las emisiones directas e indirectas.

De acuerdo con la metodología seleccionada, se identificaron las emisiones y se clasificaron en las siguientes categorías.

- a) Emisiones y remociones directas de GEI
- b) Emisiones indirectas de GEI por energía importada
- c) Emisiones Indirectas de GEI por transporte
- d) Emisiones indirectas de GEI por productos utilizados por la organización
- e) Emisiones Indirectas de GEI asociadas con el uso de productos de la organización
- f) Emisiones indirectas de GEI por otras fuentes

11.5.1 Cuantificación de las emisiones

Para la cuantificación de las principales fuentes de emisión de la empresa se estableció una metodología de cuantificación basada en cada una de las categorías. La ecuación de base para la mayoría de las fuentes de emisión se estableció de acuerdo con lo presentado en la “*Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de*

inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones”, en donde se presenta la siguiente ecuación general.(Ministerio para la Transición Ecológica, 2017)

Ecuación 1 Cantidad de Emisiones T CO₂-eqEcuación 1 Ecuación general de la cantidad de emisiones en toneladas de CO₂-eq

$$\text{Emisiones t (CO}_2\text{ - eq)} = DA * Fe$$

Donde:

- *DA: Datos de emisión (Cantidad de consumo de cada una de las actividades a calcular la huella de carbono)*
- *Fe: Factor de emisión $\frac{TCO_2\text{-eq}}{\text{unidad DA}}$*

13.5.6 Determinación de las ecuaciones directas categoría 1

11.5.1.2 Emisiones categoría 1

Emisiones de Transporte flota propia

Para el cálculo de las emisiones de transporte se tuvo en cuenta la ecuación mencionada de acuerdo con establecido en la ISO 14064-1 2020, utilizando valores de factores de emisión para cada uno de los combustibles de la flota propia de la empresa.

Ecuación 2 Emisiones de Transporte Flota propia CO₂-eq

$$\text{Emisiones de CO}_2\text{ - eq} = CC * Fe$$

Donde:

- *CC: Cantidad de combustible consumido (GL)*
- *FE: Factor de Emisión de cada combustible $\frac{TCO_2\text{-eq}}{Gl}$*

Los factores de emisión utilizados para este cálculo se muestran a continuación

Emisiones de montacargas de combustión

En el cálculo de las emisiones de montacargas de combustión, se hizo uso de la ecuación 2 de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 14064-1 utilizando el factor de emisión del combustible del montacarga de las instalaciones de la empresa

Tabla 5. Factores de emisión por tipo de combustible

Tipo de combustible	Factor de emisión	Unidad	Fuente
Bioacem	10,149	Kg CO ₂ /gal	(FECOC, 2016)
Gasolina	8,808	Kg CO ₂ /gal	(FECOC, 2016)
Gas natural	1,98	Kg CO ₂ /m ³ ST	(FECOC, 2016)

Elaboración propia adapta del Informe Final proyecto incombustión-natura, (incombustión, 2016)

Emisiones de Sistemas de enfriamiento

Para el cálculo de las emisiones del consumo de refrigerante, se hizo la ecuación 3 basado en la norma ISO 14064-1:2020, donde se utilizaron los potenciales de calentamiento global de cada uno de los refrigerantes usados en cuartos fríos y neveras de la empresa.

Ecuación 3 Emisiones de sistemas de enfriamiento CO2-eq

$$Emisiones\ de\ CO_2 - eq = CR * PCG$$

Donde:

- *CR: Cantidad de refrigerante fugado Kg*
- *PCG: potencial de calentamiento global de cada uno de los refrigerantes.*

13.5.7 Determinación de las ecuaciones indirectas

11.5.1.3 Emisiones categoría 2

Emisiones de Energía Importada

En el cálculo del consumo y emisiones de energía eléctrica adquirida, se hizo uso de la ecuación 4 de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 14064-1 utilizando factores de emisión específicos para Colombia para el año 2021

Ecuación 4 Emisiones de sistemas de energía consumida CO2-eq

$$Emisiones\ de\ CO_2 - eq = CE * Fe$$

Donde:

- *CE: Consumo de energía (KWh)*
- *Fe: Factor de emisión $\frac{TCO_2-eq}{Kw}$*

Emisiones de plantas eléctricas categoría 2

En el cálculo de las emisiones de las plantas eléctricas se realizó de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 14064-1 utilizando el consumo de combustible necesitado por la planta eléctrica en periodos de tiempo.

Ecuación 5 Emisiones de Sistemas de planta de energía CO2-eq

$$Emisiones\ de\ CO_2 - eq = CC * Fe$$

Donde

- *CC: Cantidad de combustible consumido en año base (GL)*
- *FE: Factor de Emisión de cada combustible $\frac{TCO2-eq}{Gl}$*

11.5.1.4 Emisiones Categoría 3

Movilidad de empleados Categoría 3

Para el cálculo de las emisiones de la movilidad de los empleados se realizó una encuesta general en donde se registra datos principales de lugar de vivienda, tipo de transporte usado diariamente para llegar al lugar de trabajo y tiempo de duración del viaje en el caso de tener carro o moto propio el modelo o placa, esto con el fin de tener una mayor efectividad de los datos. Para saber el consumo de combustible de los carros y motos utilizados en el transporte a las instalaciones se desarrolló el cálculo de la ecuación 6.

Ecuación 6 Estimación de consumo de combustible

$$CoC = \frac{DR}{RC}$$

Donde:

- *CoC: Cantidad de combustible consumido en año base (GL)*
- *DR: Distancia recorrida Km.- Dato recolectado en la encuesta*
- *RC: Rendimiento del combustible ($\frac{Km}{Gl}$)*
-

Tabla 6 .Rendimiento de combustible y factor de emisión de cada tipo de transporte.

Medio de transporte	Rendimiento de combustible	Fuente	Factor de emisión Kg CO ₂ -eq	Fuente
Carro	Diesel: 52 Gasolina: 40	(UPME,2019)	8,81	(FECOC, 2016)
Moto	100	(UPME,2019)	8,81	
Intermunicipal	Diesel:12 Gasolina: 8 Gas natural: 5		Diesel:10,149 Gasolina: 8,808 Gas natural: 1,98	
Sitp	Diesel:12 Gasolina: 8 Gas natural: 5		Diesel:10,149 Gasolina: 8,808 Gas natural: 1,98	
Transmilenio	Diesel:12 Gasolina: 8		Diesel:10,149 Gasolina:	

	Gas natural: 5		8,808 Gas natural: 1,98 1,98	
--	-------------------	--	---------------------------------------	--

Fuente: tomado del Informe Final proyecto incombustión-natura (incombustión, 2016)

Ecuación 7 Emisiones de medios de transporte CO2-eq

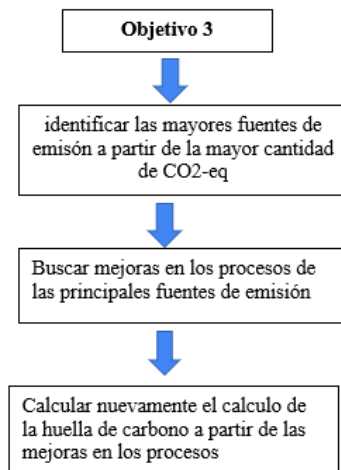
$$\text{Emisiones de CO}_2 - \text{eq} = CC * Fe$$

Donde:

- *CC*: Cantidad de combustible consumido en año base (GL)
- *FE*: Factor de Emisión de cada combustible $\frac{TCO_2-eq}{Gl}$

11.6 Aplicación de la metodología de la ISO 14064-1 del 2020 para el Tercer objetivo

Figura 6 Metodología de la mejora en el proceso de mayor emisión



Fuente: Elaboración propia basada en la norma ISO 14064-1 2020

12. Resultados

12.1 Resultado Objetivo 1: Definir los limites operacionales y organizacionales de la empresa por medio de los principios fundamentales mencionados en la norma.

11.1.1 Descripción de la organización

La corporación colombiana de logística es una empresa, operador logístico, experto en el diseño de soluciones logísticas integrales hechas a la medida de las necesidades de los clientes. El enfoque principal es la administración de la cadena de suministros mediante las alternativas costo-efectivas para el manejo integral de la cadena de abastecimiento, e información en tiempo real para la toma de decisiones. Los procesos misionales de la empresa constan de procesos de almacenamiento de mercancía (Logística de distribución), Almacenamiento de Contenedores, Acondicionamiento de productos y cargo o transporte de mercancía (CCL, 2022), Presentados en la Figura 4

11.1.2 Definición de los límites de la organización

Limite organizacional: La medición de huella de carbono se realizó en la sede e instalaciones de la empresa Corporación Colombiana de logística que se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá descrita en el marco geográfico y descripción de la organización. A continuación, se presentan los sectores específicos de la empresa en donde se va a realizar el cálculo:

Tabla 7 Áreas de la empresa del cálculo de la huella de carbono

Área de la empresa	Punto en específico
Área administrativa	Bloque administrativo I
	Bloque administrativo II
Área operativa de almacenamiento, cargue y descargue de mercancía	Bodega Múltiple 2
	Bodega Múltiple 1
	Bodega Virbac
	Bodega Acondicionamiento
	Bodega de Ectoparasitocidas
	Bodega Múltiple 4
	Bodega MSD
	Bodega Proenfar

Dentro de la organización se definió un enfoque de control, ya que la empresa tiene control operacional sobre sus principales actividades y se puede estimar sobre esto las emisiones directas y algunas indirectas de la organización.

Limite operacional: Para el límite operacional se tuvo en cuenta las emisiones directas e indirectas que se generan en las principales actividades de la empresa definidas en el límite organizacional, según las categorías establecidas presentadas en la tabla 6

11.1.3 Exclusiones

Para el cálculo de huella de carbono no se tendrá en cuenta el cálculo de las emisiones indirectas de contrato con terceros o las contrataciones que se tienen a otros vehículos para el transporte, Tampoco se tuvo en cuenta la contabilización de los viajes corporativos por falta de consistencia en la información, consumo específico del papel y generación de residuos sólidos. En el caso de los residuos aprovechables, la organización hace debida gestión a gestor de reciclaje para principales materiales como el cartón plástico y papel que sale de las principales actividades de almacenamiento.

11.1.4 Selección de año base.

Se selecciono el año 2021 como base para la cuantificación de las emisiones de la Corporación Colombiana de Logística, pues es el año más cercano y con mayor información suministrada.

12.2 Resultados Objetivo 2: Realizar el inventario de gases de efecto invernadero por medio los lineamientos de la norma NTC – ISO 14064-1

Para el desarrollo del inventario de Gases de efecto invernadero se realizó primero la cuantificación de emisiones.

11.2.1 Cuantificación de emisiones

De acuerdo con la organización y límite operacional se identificaron las siguientes fuentes de emisión de GEI y se presentan las emisiones directas, indirectas por para el año base. La identificación de las fuentes de emisión se realizó por medio de recorrido y reconocimiento de las instalaciones, y revisión documental de las principales operaciones de la empresa. Además, se clasificaron las categorías de acuerdo con lo descrito en la actualización de la ISO14064-1-2020, en donde se realiza una caracterización (ISO, 2020)

Tabla 8 . Identificación y clasificación de fuentes de emisión según la ISO 14064-1

Categoría	Tipo de fuente de emisión	Descripción según la norma ISO14064-1 2020	Gases de efecto Invernadero
1. Emisión directa	Transporte y flota propia Montacarga de combustión	Emisiones directas a partir de combustión móvil, que son consecuencia del consumo de combustible, vehículos de motor locomotoras y montacargas.	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
	Sistemas de enfriamiento (almacenamientos cuartos fríos) Emisiones de gases refrigerantes	Las emisiones fugitivas o filtraciones de equipos como son los sistemas de enfriamiento	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ , HFC
2. Emisión Indirecta	Plantas Eléctrica	Emisiones indirectas causadas por la electricidad importada o consumida directamente en las principales operaciones de la empresa	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
	Energía consumida Importada	Emisiones indirectas causadas por la electricidad importada o consumida directamente en las principales operaciones de la empresa.	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ , HFC

3. Emisiones Indirectas	Movilidad de los empleados	Emisiones relacionadas con la movilidad de empleados, incluyendo la movilidad de los empleados desde sus hogares a la empresa.	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
-------------------------------	-------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los resultados para la cuantificación de emisiones se presentarán las emisiones de CO₂-eq de acuerdo con las categorías presentadas en la tabla 6.

11.2.1.1 Emisiones de categoría 1

Las fuentes de emisión directa de los GEI, tiene en cuenta las fuentes de emisiones móviles que utiliza la empresa para la realización de sus operaciones de servicios y comerciales.

- Emisiones Transporte flota propia categoría

Para la cuantificación de las emisiones de transporte flota propia se tuvo en cuenta el trabajo de 10 vehículos de carga de mercancía que realizan recorridos dentro y fuera de las instalaciones de la empresa. El consumo de combustible de cada vehículo se muestra en la tabla 9 como base importante para el desarrollo de la cuantificación de la huella de carbono reflejado en la tabla 10.

Tabla 9 Consumo de combustible por cada flota propia

Fecha	Combustible	Vehículo	Consumo combustible (gal)
2021	Bioacem	1	440
		2	427
	Gas natural vehicular	3	290
	Gasolina Corriente	3	428
	Bioacem	4	671
		5	592
		6	745
		7	588
		8	214
	Gas natural vehicular	9	343
	Gasolina Corriente	9	287
	Bioacem	10	226

Fuente: Elaboración propia, adaptados de los datos recolectados en CCL

Tabla 10 Cuantificación emisiones de transporte flota propia

Tipo de combustible	Consumo gal	Consumo m ³	Factor de Emisión Kg CO ₂ / gal	Unidad	t CO ₂ -eq
BIOACEM	3904	-	10,149	Kg CO ₂ /gal	39,61
GASOLINA	606,9	-	8,808	Kg CO ₂ /gal	6,56
GAS NATURAL	378,11	1,431	1,98	kg CO ₂ /m ³ ST	0,001
TOTAL	4889,01	1,43	-	-	46.18

Fuente: Elaboración propia, adaptados de los datos recolectados en CCL

- Emisiones de montacarga de combustión

Dentro de los principales insumos y medios para la actividad de almacenamiento de mercancía, el montacarga de combustión facilita el transporte de grandes cantidades de mercancía a los vehículos de transporte. La empresa cuenta con una monta carga de combustión propia, que consume un aproximado de 60 galones de gasolina mensuales.

Tabla 11 Emisiones directas de monta carga de combustión categoría 1

Modelo	Tipo de Combustible	Consumo de Combustible en gal	Factor de Emisión Kg CO ₂ /gal	Kg CO ₂	t CO ₂ -eq
Montacarga HYSTER	Gasolina	692	8,808*	6095,136	6,095136

Fuente: Elaboración propia, *Factor de emisión según (FECOC, 2016)

Emisiones de sistemas de enfriamiento (almacenamientos cuartos fríos) Emisiones de gas refrigerante categoría 1

Las instalaciones de la empresa cuentan con una red de frío que se compone de cuartos fríos y neveras de almacenamiento de productos de cosméticos y farma-veterinaria dentro de las bodegas de operación. Es importante mencionar que se considera el gas refrigerante fugado de un equipo equivalente al gas recargado en dicho equipo, ya que es de gran dificultad medir específicamente las fugas de gases refrigerantes.

Tabla 2 Emisiones directas gases refrigerantes

Tipo de refrigerante	Consumo Kg	PCG (potencial de	Kg de CO ₂	t CO ₂ .eq	T CO ₂ -eq
----------------------	------------	-------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

		calentamiento global)			
R507	12,5	3985*	49,8125	0,0498125	0,0676875
R134A	12,5	1430*	17,875	0,017875	

Fuente: Elaboración propia *PCG de (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2016)

11.2.1.2 Emisiones de categoría 2 Las fuentes de emisión indirecta de los GEI, tiene en cuenta las fuentes de emisiones eléctricas que consume la empresa para la realización de sus operaciones de servicios.

- **Emisiones de planta eléctrica**

En la empresa Corporación Colombiana de Logística se cuenta con 3 plantas eléctricas que solo entran en funcionamiento en caso de que haya corte de luz, y en el año 2021 solo se puso a funcionar una vez.

Tabla 13 Emisiones de planta eléctrica

Fecha	Consumo de gasolina gal	Factor de emisión	Unidad	Kg CO2	t CO ₂ -eq
2021	5	8,808	Kg CO ₂ /gal	44,04	0,04404

Fuente: Elaboración propia, *Factor de emisión según el Informe Final proyecto incombustión-natura (INCOMBUSTIÓN, 2016)

- **Emisiones de Consumo de energía**

El consumo de energía de la organización pertenece a las principales actividades de almacenamiento, acondicionamiento y transporte de mercancía. El consumo mensual y la generación total de emisiones de GIE se presentan en la tabla 13

Tabla 14. Emisiones indirectas mensuales de consumo energía

Año	Mes	kW gastados	Factor de emisión Kg CO ₂ -eq/kW	t CO ₂ -eq
2021	Enero	50400	0,126*	81,833976
	Febrero	54720		
	Marzo	56280		
	Abril	50436		
	Mayo	53880		
	Junio+	55680		
	Julio	55680		
	Agosto	58800		
	Septiembre	55920		
	Octubre	54360		
	Noviembre	54360		

	Diciembre	48960		
	TOTAL	649476		

*Fuente: Elaboración propia, *Factor de emisión según el Informe Final proyecto incombustión-natura (INCOMBUSTIÓN, 2016)*

Para mayor conocimiento las fuentes principales de gases de efecto invernadero en el consumo de energía anual, se realizó la estimación de la energía eléctrica consumida de los principales equipos y fuentes de consumo en las instalaciones de la empresa con el factor de emisión presentados en la tabla

Tabla 15. Consumo de energía por sector de corporación colombiana de logística

Año	Sector	Consumo de energía kWh	Factor de emisión	t CO₂
2021	Cuartos fríos, neveras y congeladores	363677	0.126	45.82325261
	Luminarias	132825	0.126	16.74
	Montacargas eléctricos	93298	0.126	11.75557018
	Yúnel termo encogido	12082.86	0.126	1.52244036
	Banda Transportadora	427.5	0.126	0.053865
	Codificadora	342	0.126	0.043092
	Extractores de aire	38410.848	0.126	4.839766848
	Otro	8413	0.126	1.060038
	Total	649476		81.83399616

11.2.1.3 Emisiones de categoría 3 Emisiones movilidad de empleados

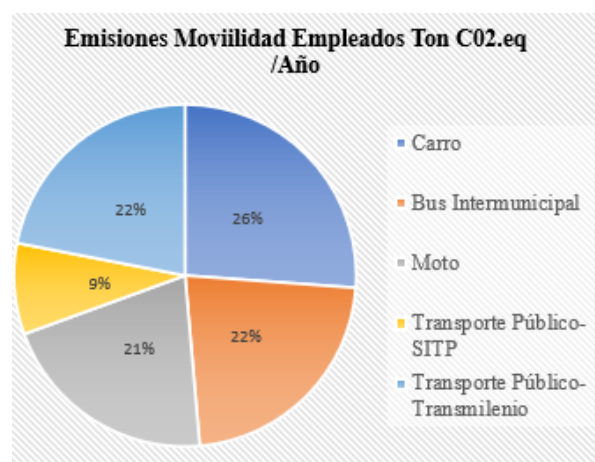
Para calcular el promedio de emisiones generado por cada empleado se desarrolló una encuesta virtual al área administrativa y operativa sobre los principales criterios correspondientes al lugar de vivienda, medio de transporte, tipo de vehículo de transporte, tiempo que dura en llegar a lugar de trabajo y frecuencia de llegada. Se desarrollaron las ecuaciones 6 y 7 para el desarrollo de este punto y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 16 Emisiones indirecta de Movilidad Empleados 2021

Medio de transporte	Número de Empleados	t CO ₂
Carro	14	13,03142163
Bus Intermunicipal	5	11,20245833
moto	20	10,37047125
Transporte Público-SITP	22	4,29
Transporte Público-Transmilenio	16	10,94091742
Bicicleta	31	0
A pie	1	0
Total Empleados encuestados	109	49,835

Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Emisiones movilidad Empleados t CO₂-eq



Por último, se presenta el inventario de gases de efecto invernadero y huella de carbono de acuerdo con cada categoría seleccionada de acuerdo con la metodología seleccionada.

Tabla 17. Cálculo total de emisiones Huella de carbono total

Categoría	Tipo de fuente de Emisión	t CO ₂ -eq	GEI
1	Transporte y flota propia	45,0	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
	Montacarga de combustión	6,095	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ , HFC
	Sistemas de enfriamiento (almacenamientos cuartos fríos) Emisiones de gas refrigerante	0,067	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ , HFC
2	Plantas Eléctrica	0,044	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
	Energía consumida Importada	81,834	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ , HFC
3	Movilidad de los empleados	49,835	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
	Total	184,91	

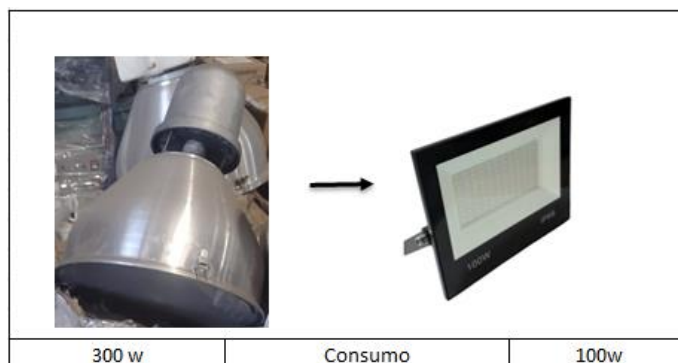
Fuente: Elaboración propia.

12.3 Objetivo 3: Proponer una opción de mejora en la actividad con mayor emisión para disminuir la huella de carbono

Para el desarrollo de la mejora en el proceso de la empresa Corporación Colombiana de logística se tuvo en cuenta el resultado con mayor emisión de CO₂ equivalente. A partir de esto se identificó el consumo de energía como la mayor fuente de emisión, con un total de 81,834 t CO₂, presentada a continuación a través de su desarrollo en dos fases.

 Opción de mejora para el ahorro de energía. Fase 1					
Sustitución cambio luminaria Fluorescente por LED.					
Categoría 2	Ahorro energía eléctrica-Emissiones indirectas de GEI por energía				
Responsables	Coordinación de gestión ambiental y Coordinación de servicios Administrativos y generales				
1. Objetivo	Reducir las emisiones de GEI, correspondiente al consumo de energía eléctrica por iluminación				
2. Descripción de la mejora	Implementar el reemplazo de luminarias presentes en el bloque administrativa y bodegas de almacenamiento.				
3. Beneficios de la mejora	Disminución del consumo de energía, ahorro en costos Reducción de emisiones de CO2				
4. Actividades para desarrollar	Sustitución- (Adquisición e instalación) de luminaria fluorescente por LED				
Área administrativa Cambio para implementar 324 lámparas fluorescentes de 42w de consumo a 324 paneles led redondos de 18 w del Bloque Administrativo en los dos pisos en el área de administración  →  <table><tr><td>42w</td><td>Consumo</td><td>18w</td></tr></table>			42w	Consumo	18w
42w	Consumo	18w			
Área operativa - Cambio de 194 lámparas alógenas de 400w de consumo a 194 paneles led cuadrado de 100 w de bodegas que tiene consumo de energía con lampara.					

- Cambio de 72 lámparas fluorescentes de 42 w de consumo a 72 paneles led cuadrado de 100 w de sótano que tiene consumo de energía con lampara.



5. % De ahorro de energía	Disminución de consumo de energía (kW-h)
63,315	132825.16 —————> 48858,768
6. Emisiones de CO ₂	
Fuente de emisión	Huella de carbono (t CO₂-eq /Año)
Consumo de energía de luminarias	16,74
7. %Reducción Huella de carbono	
Porcentaje de reducción	Nuevo valor de Huella de carbono (t CO₂-eq /Año
63,215	6,15
8. Meta	Reducir el consumo de emisiones de GEI en un rango de (30-40%), teniendo como referencia el año base 2021, por ahorro de energía en cuartos fríos y cambio de luminarias

Presupuesto

Tabla 18 Presupuesto general de cambio de luminarias-

Zona de la empresa	Tipo de iluminación	Cantidad de Bombillos	Costo de luminaria unidad	Costo de luminaria total	Costo total
Bloque Administrativo	Lampara led de incrustar redonda 18w	162	\$ 12.000,00	\$ 1.944.000,00	\$ 10.362.300,00
Sótano		72	\$ 12.000,00	\$ 864.000,00	
Bodegas de almacenamiento	Panel Caudrado x de 100w	149	\$ 50.000	\$ 5.066.000,00	

Teniendo en cuenta que al implementar el cambio de luminarias el ahorro de energía llega a un 63% a continuación se presenta el ahorro mensual y anual que la empresa tendría al implementar esta mejora

Ahorro anual	Ahorro mensual
\$ 77.347.426,79	\$ 6.445.618,90

 Opción de mejora para el ahorro de energía. Fase 2	
Buenas prácticas de ahorro de energía cuartos fríos y congeladores	
Categoría 2	Ahorro energía eléctrica-Emissiones indirectas de GEI por energía
Responsables	Coordinación de gestión ambiental y Coordinación de servicios Administrativos y generales
1. Objetivo	Reducir las emisiones de GEI, correspondiente al consumo de energía eléctrica por los sistemas de refrigeración (Cuartos fríos, congeladores y neveras)
2. Descripción de la mejora	Implementar mejoras en los procesos e refrigeración y ventilación de los cuartos fríos y congeladores de almacenamiento de productos
3. Beneficios	Disminución del consumo de energía, ahorro en costos Reducción de emisiones de CO ₂
4. Actividades a desarrollar y descripción de procesos	Fase 1 Buenas prácticas de ahorro Las buenas prácticas de ahorro de energía se desarrollarán en conjunto con el proveedor de mantenimiento e instalación de sistemas de refrigeración de cuartos fríos. Es por esto que se presentan las actividades de responsabilidad directa la empresa, y actividades que se deberá exigir en los procesos de mantenimiento. Actividades que garantizan un 10% en ahorro del consumo de energía en cuartos fríos (Comisión nacional de energía eléctrica, 2010) Actividades realizadas por la empresa - Capacitación del personal sobre el funcionamiento general del cuarto y buenas prácticas de ahorro - Cierre de las zonas refrigeradas cuando no se usan o evitar dejar puerta abierta de los cuartos fríos cuando hay traslado de mercancía - Reducción de la intensidad de luz de los cuartos fríos

	Actividades realizadas por el proveedor Limpieza frecuente de evaporadores y condensadores Buena lubricación de los compresores Verificación de las variaciones en la alimentación de electricidad Buen funcionamiento de las bombas de recirculación de agua a los condensadores, Aumento de las temperaturas de evaporación Reducción de las temperaturas de condensación Fase 2 Mejoras en el sistema de enfriamiento reducción 20% (Comisión nacional de energía eléctrica, 2010) Implementación de las válvulas de expansión electrónica, estas lo que hacen es mejorar el rendimiento de la capacidad frigorífica, alargan la vida útil y se adecuan a la necesidad del cuarto frío. Garantizan el caudal correcto del refrigerante con mayor eficiencia en el intercambio térmico  Válvula de expansión electrónica para el refrigerante R-507
--	--

5. Emisiones de CO2

Fuente de emisión	Huella de carbono (t CO ₂ -eq /Año)
Consumo de energía de cuartos fríos y sistemas de refrigeración	47,56

6. %Reducción Huella de carbono

Porcentaje de reducción	Nuevo valor de Huella de carbono (t CO ₂ -eq /Año)
30%	33,292
7. Meta	Reducir el consumo de emisiones de GEI en un rango de (30-40%), teniendo como referencia el año base 2021, por ahorro de energía en almacenamiento de mercancía en cuartos fríos

Reducción total de huella de carbono del consumo de energía para el año 2021

1. Emisiones de CO2

Huella de carbono (t CO ₂ -eq /Año)
81,834

Porcentaje de reducción	Nuevo valor de Huella de carbono (t CO ₂ -eq /Año)
41,08%	48,26

13. Análisis y discusión de resultados

La huella de carbono es la herramienta que lleva al conocimiento de las emisiones de CO₂-eq de las actividades principales de una empresa, y a partir de esto se puede dar la opción de establecer los objetivos, metas o líneas de acción de mejora. Estas acciones necesitan una línea base de medición de la cantidad de emisiones y realizar la comparación adecuada. Se identifican las fuentes de emisión y puntos críticos útiles en la operación, con el fin de obtener el conocimiento preciso del paso a seguir a las medidas de reducción del consumo y eficiencia energética.

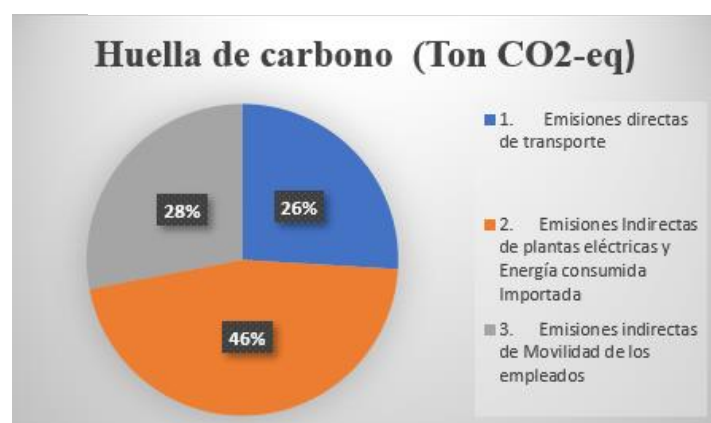
Contribución de la huella de carbono de las 3 categorías.

Tabla 19 . Huella de carbono por categoría identificada por la ISO 14064-1

Categoría Fuente de emisión	Huella de carbono (t CO ₂ -eq)
1. Emisiones directas de transporte	46,12
2. Emisiones Indirectas de plantas eléctricas y Energía consumida Importada	81,878
3. Emisiones indirectas de Movilidad de los empleados	49,835

Fuente : Elaboración propia

Figura 8 Distribución de la Huella de Carbono de C.C.L



Fuente : Elaboración propia

La tendencia general de las emisiones generadas por las principales fuentes de emisión apunta a la categoría 2 de emisiones indirectas correspondiente al consumo de energía eléctrica como la mayor fuente de emisión con un 46% de las emisiones totales, es decir 81,878 t CO₂; valor menor a lo habitual para el consumo de energía de las empresas de almacenamiento, pues que corresponde a un 68%, especialmente por los equipos , luminarias o instalaciones que llevan a generar un consumo mayor, especialmente a las empresas con antigua estructura (Hernán et al., 2012). Luego se encuentran las emisiones emisión indirectas de la categoría 3 de la movilidad de los empleados de sus hogares al lugar de trabajo, que cuenta con un 28% de las emisiones y emisión de 49,835 t CO₂. Por último están las emisiones directas del transporte interno, flota propia (flota mediana) y montacarga de combustión con un 26% de emisión, es decir, 46,12 t CO₂-eq; esto a raíz la quema de combustible fósiles con mayor porcentaje de uso en el diésel.

12.1.1 Emisiones Categoría 1

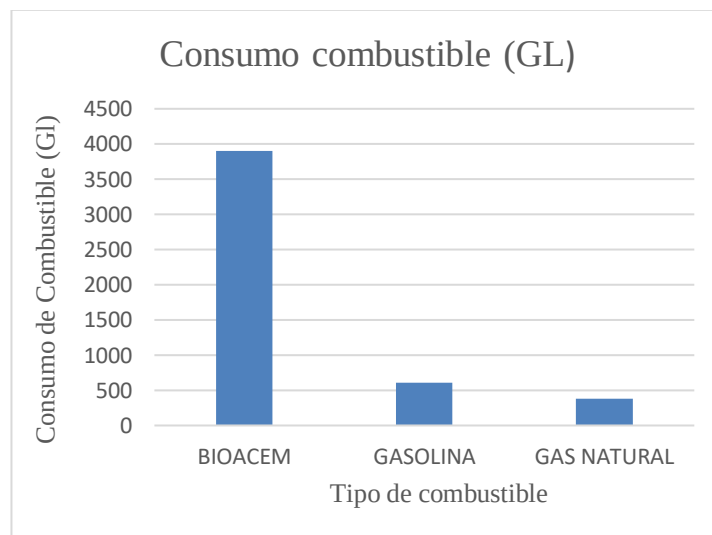
- **Transporte flota propia y montacarga de combustión**

A nivel mundial, el transporte de mercancías es considerado como responsable del 23% de las emisiones globales de CO₂, dentro de las cuales el 44% pertenecen a los vehículos ligeros de carga (flota mediana), y el transporte de carga absorbe un 35% de la producción total de combustible (García, 2019), Estas cifras son fundamentales para entender la magnitud de las emisiones en la empresa Corporación Colombiana de Logístico, pues según la figura 12 el transporte, es la tercera operación que más genera GEI con un 28% que equivale al 46,12 t CO₂-

eq.

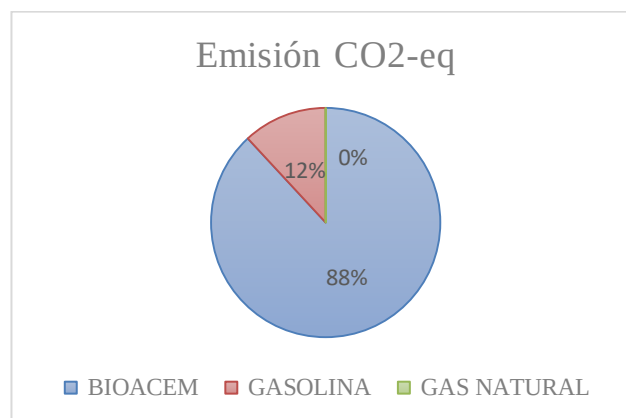
De acuerdo con lo anterior, Las emisiones producidas por el transporte propio de la empresa, se generan por el trabajo 10 camiones sencillos flota propia de categoría 2, y 1 montacarga de combustión que se encargan del transporte y distribución de mercancía dentro y fuera de la empresa. Para la cuantificación de emisiones de esta actividad se tuvo en cuenta el tipo de combustible y el consumo por cada vehículo en el año base (Figura 8 y 9), en donde se pudo observar que el combustible Bioacem, (Diesel) es utilizado por 7 vehículos y tuvo un consumo aproximado de 3900 gal y 3 vehículos híbridos que cuentan con combustible de gasolina y gas natural con un total de 607 gal y 378 gal respectivamente.

Figura 9 Consumo de combustible vehículos flota propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Porcentaje de Emisión de CO₂-eq



Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, es importante señalar que el elevado porcentaje de GEI en transporte proviene del consumo de Bioacem, pues de los 10 vehículos de la actividad diaria, 7 tienen un consumo del combustible Bioacem, (representando un 88% de emisión de CO_{2-eq}) Y 3 de ellos son híbridos con un consumo entre el gas natural y la gasolina corriente (representando un 12% de emisión).

Esto se produce debido a que el Bioacem es una mezcla compuesta por Diesel, el cual es el combustible más pesado y con mayor dificultad de evaporarse, al igual que de poseer más poder calorífico que genera mayor cantidad de CO₂, a comparación de la gasolina produce más monóxido de carbono (Calderon Benavides, 2022), esto determina la eficiencia del funcionamiento del combustible del proceso de combustión, de acuerdo a la teoría, a través de la cantidad de contaminantes que genera un combustible es su composición química y la potencia del motor (Ramírez Velasco, Pérez Ortega, Pereira Martínez, y Bolaños Aloma, 2020)

Aunque este tipo de Diesel está compuesto por un 10% de mezcla biodiesel (B-10), que cuenta con un poco más de rendimiento en cuanto al gasto y generación de GEI a comparación con el diésel tradicional, El Diesel y gasolina corriente son combustibles que tienen diferente composición y diferente tipo de motor. Estos motores generan sus emisiones por la quema de combustibles fósiles, dando así la generación de gases como el NO_x, SO_x, CO, y los COV (Compuestos orgánicos volátiles). Es por esto que dentro del transporte interno y externo de las instalaciones de logística se busca la utilización de equipos eficientes con el fin de que haya una optimización de desplazamientos y reducir costos del consumo de combustible y disminución de emisiones.

- **12.1.2 Emisiones generadas por gases refrigerantes**

Las emisiones que se generan por las fugas de gases refrigerantes en cuartos fríos y congeladores (R507 y R134A), fueron difíciles de obtener, pues para cada gas refrigerante es complejo calcular la cantidad específica de fuga en la vida útil del cuarto frío, si no hay control de este. Es por esto que se tuvo en cuenta el consumo de refrigerante de la red de frío solicitado al proveedor de instalación de las unidades de refrigeración.

Para los sistemas refrigerantes cuartos fríos existe el refrigerante R-507 considerado como una mezcla compuesta por R-125 y R-143^a y está presente en el mercado como un refrigerante ecológico, ya que hay un desconocimiento del impacto significativo que tiene sobre el calentamiento global y la capa de ozono. Para los sistemas de refrigeración de congeladores se utiliza el R134-A perteneciente al grupo de los HFC, contiene hidrógeno, flúor y carbono en su molécula principal. Una de las ventajas de este tipo de refrigerantes es que no contiene cloro en su composición, por lo que no tiene una afectación directa con la capa de ozono, sin embargo, sí presentan una amenaza para el equilibrio de la temperatura de la tierra. (Torres, Jesús, Padilla, Álvaro, y Almario, 2018). El uso y fuga de estos refrigerantes arroja una huella de carbono de 0,06 t CO_{2-eq} representado un bajo porcentaje de emisión, sin embargo, es importante evaluar la posibilidad del cambio a refrigerante R152 que cuenta con un PCA de tan solo 124.

Emisiones Categoría 2 Consumo de electricidad

La electricidad es una de las energías utilizadas con mayor incidencia por el hombre en sus actividades diarias y la matriz energética menciona que a nivel mundial en las grandes centrales eléctricas utilizan combustibles fósiles para la generación y producción de este tipo de energía.

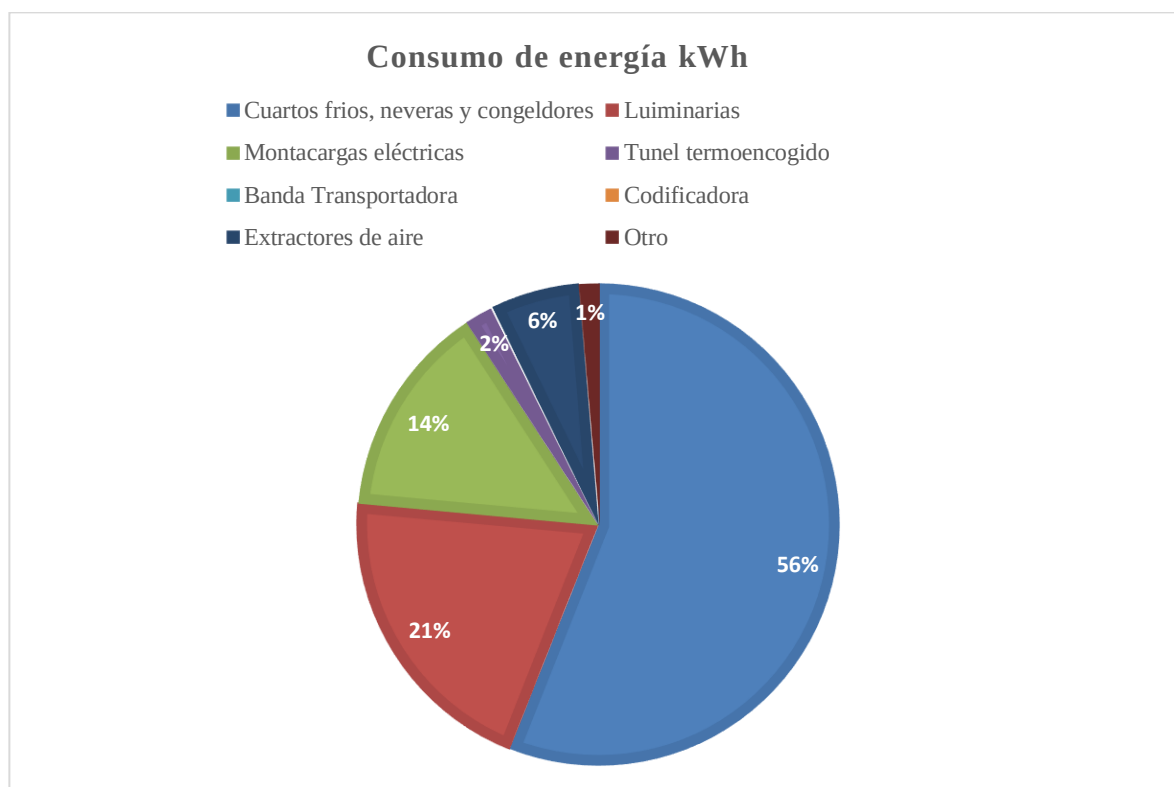
Solo para el 2014 las emisiones mundiales de CO₂ se situaron alrededor del 40% generado por la electricidad y calor (Calderón Benavides, 2022)

El sector logístico a nivel mundial se encarga de actividades de almacenamiento y transporte de productos que consumen gran cantidad de energía proveniente de la quema de combustibles fósiles, lo que genera emisiones de gases de efecto invernadero de manera indirecta. La medición de la huella de carbono en este sector busca tener un control del gasto energético con un ajuste de los consumos con respecto al tiempo y estructurar medidas para disminuir los gastos innecesarios. (Hernán et al., 2012)

De acuerdo con lo anterior, la actividad con mayor demanda de energía en la empresa (CCL) es la utilización de los sistemas de refrigeración, cuartos fríos y congeladores debido a la cantidad de mercancía y a los procesos que conlleva el mismo en su almacenamiento. Este consume el 56% del gasto total y está en funcionamiento las 24 horas del día, generando un total de 45,82 t CO₂ (Tabla 17). Para la determinación de la huella de carbono se tuvo en cuenta los sectores que tenían mayor consumo de energía de las principales actividades de la empresa (Figura 9)

t

Figura 11 Consumo de energía de Coloración Colombiana de Logística



Fuente: Elaboración propia

Según un estudio realizado y enfocado hacia el rendimiento energético de almacenamiento en frío, el consumo de los sistemas de refrigeración y cámaras frigoríficas en el área de almacenamiento frío ocupa alrededor del 60 al 70% de la energía eléctrica de almacenamiento frío pertenecientes al sector de logística a nivel mundial, (Evans, Foster, Huet, y Reinholdt, 2014). El consumo de energía eléctrica de las cámaras frigoríficas existentes oscila entre los 30 y 50 kWh/m³ año de almacenamiento general. (JanE y Binard, 2002) Existen varios factores que

influyen en el consumo total; principalmente cuando no hay un adecuado seguimiento a mantenimiento, genera pérdidas de potencia, desgaste de los equipos, peligro de descarga eléctrica por elevada temperatura, bajo nivel de eficiencia en los sistemas de refrigeración, y demora del traslado constante de personal para verificar correcto almacenamiento. (Granados, 2019), es por esto que es importante el desarrollo de mejoras en el proceso para el ahorro de energía dentro de los cuartos fríos y buenas prácticas de conciencia por parte de los trabajadores directamente relacionados con el traslado de mercancía o contacto con los sistemas de refrigeración.

La siguiente fuente de emisión trata del consumo de luminarias ubicadas en las bodegas de almacenamiento, área de cargue y descargue, bloque administrativo y cafeterías; cuenta con un 21% del consumo y genera un total de 16,74 t CO₂-eq. El gasto de energía por luminarias en bodegas de almacenamiento es alto y es originado por la gran cantidad de Luminarias tipo Fluorescentes (LCF) que hay en las principales instalaciones de la empresa. Los consumos pertenecientes a las luminarias tipo fluorescentes (LCF) y alógenas tiene un 89%, por lo que solo el 11% pertenecen al consumo de las luminarias tipo LED ahorradoras. Es importante tener en cuenta las dimensiones de las instalaciones, y el uso o frecuencia de las luminarias en todas las áreas de la empresa. Según una investigación desarrollada por Carbon trust, sobre la eficiencia energética de la operación de almacén, se menciona que, dentro de las instalaciones de almacenamiento en el sector de logística, el consumo de energía por la iluminación de la bodega ocupa de un 65% a un 95% de energía a temperatura ambiente, en donde las luminarias tienen un consumo de 200 a 400 W y los sistemas energéticos son ineficientes, lo que aumenta de forma significativa la huella de carbono de emisión indirecta (Carbon trust, 2019).

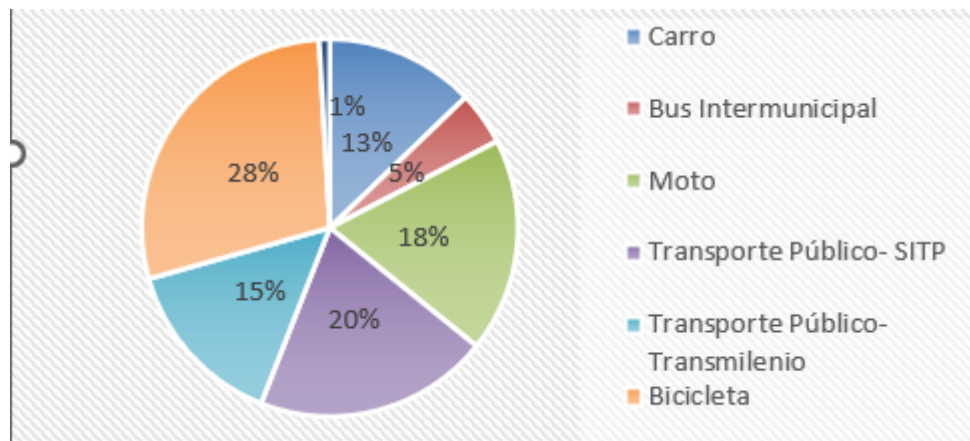
Es por esto que es de gran importancia realizar el cambio de las luminarias fluorescentes a tipo LED en las instalaciones de las bodegas de almacenamiento y zonas administrativas. Al implementar estas buenas prácticas de ahorro, el cambio pudo reducir el consumo de electricidad hasta un 70% en su consumo total.(Carbon trust, 2019).

Siguiendo con la identificación fuentes en el consumo y generación de gases de efecto invernadero, las fuentes indirectas de montacargas eléctricas, tuvieron un consumo del 14% del total de energía, es decir un valor de 93298 kWh, durante el año 2021. En la organización existen 9 montacargas eléctricas, que trabajan aproximadamente 8 horas al día, y reciben la carga durante 6 a 8h. Por otra parte, están otras actividades correspondientes al gasto equipos en el área de acondicionamiento como equipos de termo encogido, banda transportadora y codificadoras, que generan aproximadamente 1,613 t CO₂-eq. Por último, está el uso de sistemas de extracción de olores en bodega de almacenamiento, y que entran en función 24 horas al día; estos sistemas generan una emisión aproximada a 4.839 t CO₂ en la generación total, presentadas en la tabla 15.

Emisiones Categoría 3 Movilidad de empleados de CCL

La empresa corporación colombiana de logística cuenta con un total de los empleados en la sede de Bogotá de 247 personas, la presente encuesta dio un alcance total para 109 personas de la parte administrativa y operativa, Dentro de la encuesta realizada se identificó que el 28% de las emisiones usa la bicicleta como medio de transporte ; esto debido a la campaña de movilidad sostenible desarrollada en la empresa, que fomenta a los empleados a usar la bicicleta con incentivos de días libres de acuerdo con la cantidad de veces que use este medio de transporte. Siguiendo a este valor está el uso del transporte público SITP y Transmilenio con 20% y 15% respectivamente, además de la moto como con un 18% que representa una gran parte del área de operación de la empresa. (Figura 10).

Figura 12 Distribución de medio de transporte por trabajador



Fuente : Elaboración propia

Para la generación de huella de carbono se observa que los medios de transporte que más genera emisión son el carro con un 26%, Transmilenio y bus intermunicipal con un 22% y la moto con un 21% del total de las emisiones (Figura 6). Según el inventario de emisiones de Bogotá de 2018, los medios de transporte que más transitan en la ciudad con mayor generación de contaminación son las motocicletas con un 22%, vehículos particulares con un 47%, camperos y camionetas con un 25%, y SITP o Transmilenio con un 15% de las emisiones totales. (secretaria Distrital de Ambiente et al., 2018). De acuerdo con lo anterior, la alcaldía mayor de Bogotá ha generado un plan integrado de movilidad sostenible que busca reducir las necesidades de viajar de casa, estudio o trabajo, además de racionalizar el uso de vehículo particular (reducir el uso por 1 sola persona y fomentar carro compartido), y desarrollar estrategias para aumentar la movilidad no motorizada y modos de transporte masivo (Buen uso de medio de transporte y cultura ciudadana). Actualmente, la empresa cuenta con principales actividades en torno a la movilidad sostenible que cuentan con un incentivo a los trabajadores que se trasporten de bicicleta a la empresa, sin embargo, es importante fomentar estrategias como el carro compartido, caminata o uso responsable de transporte público para la disminución de huella de carbono de la categoría 3.

Mejora en el proceso para el ahorro de energía

Fase 1: Ahorro de energía, cambio de luminarias instalaciones de la empresa

Para la primera mejora se encontró un ahorro de energía del 63% del consumo solo de iluminación en el cambio de luminarias fluorescentes a LED, con esto se comprobó lo que dice en la literatura, en donde menciona que al implementar estas buenas prácticas de ahorro el cambio de luminarias pudo reducir el consumo de electricidad hasta un 70%. (Carbon trust, 2019). Además, se encontró un ahorro mensual de \$ 6.445.618,90 en el costo total de energía, lo que favorece a los costos de la empresa.

Fase 2: Buenas prácticas de ahorro de sistemas de refrigeración.

Para la segunda fase de mejora de ahorro de energía en los cuartos de refrigeración y la disminución del 10% del consumo de energía se tuvo en cuenta lo recomendado por la comisión nacional de energía eléctrica sobre las recomendaciones que garanticen el 10 % de ahorro al

implementar las actividades mencionadas (Comisión nacional de energía eléctrica, 2010). Al implementar estas estrategias y la válvula de expansión electrónica se logra una disminución del 30% de ahorro de energía en el consumo de los cuartos refrigerantes. A partir del ahorro se determinó la disminución de la huella de carbono de a un 40% de las emisiones generadas por los cuartos refrigerantes y logrando así una huella de carbono de 48,26 t CO₂

Los resultados de la investigación demuestran la importancia de la implementación de la huella de carbono en las actividades de almacenamiento, transporte y logística general. Esto no solo permite reducir las problemáticas de efecto invernadero y calentamiento global, sino también desde un enfoque de ingeniería ambiental desarrollar un buen uso de los recursos y tecnología para el desarrollo de un ahorro económico dentro de la empresa.

14. Conclusión

La investigación realizada pudo concluir que la definición del límite organizacional con enfoque de control permitió identificar de manera oportuna las fuentes de emisiones directas e indirectas de la organización en las operaciones de la empresa (Bodegas de almacenamiento y bloques administrativos); encontrando así fuentes de 3 categorías, una correspondiente a fuentes directas y dos más a fuentes de emisiones indirectas.

Con respecto a la generación de emisiones, se encontró que la mayor fuente de emisión de gases de efecto invernadero en la empresa Corporación Colombiana de logística pertenece a la categoría 2 (emisión indirecta) por el consumo de energía eléctrica, con un total de 81,878 t CO_{2-eq}. Esto incluye el consumo diario de cuartos fríos y congeladores como mayor actividad de emisión, uso de luminarias fluorescentes, uso de montacargas eléctricas y de equipos para acondicionamiento de producto. Esta categoría generó un total del 46% de las emisiones totales, valor menor a lo habitual para el consumo de energía de las empresas de almacenamiento, pues corresponde a un 68%, especialmente por los equipos, luminarias o instalaciones que llevan a generar un consumo mayor. La segunda fuente principal de gases de efecto invernadero; correspondió a la categoría 3 fuente indirecta, correspondiente a la movilidad de empleados de la empresa, pues, aunque existe un programa de movilidad sostenible, en donde se promueve que los empleados usen la bicicleta por medio de incentivos laborales, no hay una respuesta eficiente, en los principales sectores de la empresa; por lo que en esta categoría se tuvo una generación total del 28% de las emisiones, es decir 49,835 t CO_{2-eq}. Por último, está el sector de transporte propio de la empresa, de la categoría 1, correspondiente a las emisiones directas, en donde se observó que el combustible con mayor incidencia en la generación de gases de efecto invernadero fue el Diesel, ya que, es el combustible con mayor uso, más pesado y con mayor dificultad de evaporarse. Esta categoría tuvo una emisión total del 26% de las emisiones globales correspondiente a 46.12 t CO_{2-eq}.

De acuerdo con lo anterior, la propuesta de mejora presentada enfocada en la disminución de la huella de carbono, de ser aplicada, implicaría un ahorro de energía del 63% y un ahorro mensual de \$ 6.445.618,90, por medio de actividades como el cambio de luminarias y las buenas prácticas de ahorro en el funcionamiento de cuartos fríos, medidas que equivaldrían una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del 30% para la empresa. Esto refleja la importancia de empezar a implementar buenas prácticas de ahorro, en el funcionamiento de los sistemas y la implementación de equipos que ayuden a lograr una eficiencia en el ahorro de energía y disminución de costos.

15. Recomendaciones

- Se recomienda desarrollar la opción de mejora para la disminución de consumo de energía, desarrollar el cambio de luminarias de manera gradual, verificar el desarrollo de las buenas prácticas, y la implementación de la válvula de expansión eléctrica para la disminución de consumo de energía en cuartos fríos y las principales áreas de la compañía.
- Realizar una revisión actual de las instalaciones de equipos y sistemas refrigeración, esto con el fin de obtener un mantenimiento y datos de entrada actual de los gases de efecto invernadero específicos de cada actividad.
- Fortalecer el sistema de información sobre las fuentes de emisión de GEI y consumo de energía fundamentales en el proceso de identificación, medición y mitigación de estos gases.
- Se recomienda realizar una medición de huella de carbono de un alcance mayor teniendo en cuenta las cantidades de gases de efecto invernadero indirectas de flota terciaria, consumo de papel, generación de residuos sólidos y recolección de información para futuros cálculos o control de emisiones.

1. Referencias Bibliográficas.

- Andes. (2022). Transporte urbano y cambio climático: retos y soluciones de política pública. Recuperado el 7 de noviembre de 2022, a partir de <https://cider.uniandes.edu.co/es/boletines/boletin-112/transporte-urbano-y-cambio-climatico-retos-y-soluciones-de-politica-publica>
- Andrea, N., y Guzmán, A. (2018). *Cálculo de la huella de carbono en las clínicas piloto y dirección general de la empresa Profamilia Bogotá, generando respuestas de reducción por medio de estrategias de producción más limpia*. Universidad El Bosque, Bogotá.
- Calderón Benavides, A. C. (2022). *Evaluación del desempeño y emisiones de mezclas biodiésel, diésel, etanol y agua en motores diésel con base en la literatura*. Bogotá. Recuperado a partir de <https://ciencia.lasalle.edu.co/>
- Carbon trust. (2019). *Warehousing and logistics Energy efficiency opportunities for warehousing and logistics companies enter 2 Warehousing and logistics*. Recuperado a partir de https://www.maersk.com/supply-chain-logistics/warehousing-and-distribution?gclid=CjwKCAiA7IGcBhA8EiwAFfUDsTlOtYY8FW_qkvhWtA7acENKwmJCtydJsbVAdAk67luwfk1eJHxnBoCL6sQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds
- Carolina, M., Pereira, R., Sebastián, -Juan, Henao, S., y Hoess, -Thomas. (2019). *Metodologías para la estimación de la huella de CO 2 en instituciones de educación superior: explorando un modelo para implementar en la Escuela Methodologies for estimating carbon footprint in higher education institutions: Exploring models for implementation at Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*.
- CCL. (2022). Corporación Colombiana de Logística. Recuperado el 2 de octubre de 2022, a partir de <https://www.ccl.com.co/>
- CEPAL. (2021). *Metodologías de cálculo de Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*.
- Cepsa. (2015). *El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa Dossier Cepsa Dirección de Comunicación*.
- Chen, Z., y Wu, J. (2022). Evolution of Logistics Industry Carbon Emissions in Heilongjiang Province, China. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159758>
- Comisión nacional de energía eléctrica. (2010). *Programa integral de “Asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro curso-taller promotores de ahorro y eficiencia de energía eléctrica”*. Guatemala.
- David, J., Parraga, C., Alejandra, M., y Molina, C. (2020). *Norte para la formulación de propuestas de prevención y Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero mitigación de gases de efecto invernadero* (Universidad la Salle). Universidad la Salle, Bogotá. Recuperado a partir de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria//ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1883
- Doherty, S., Hoyle Manager, S., Logan, C., Sidiqi, S., Hattar, R., Dickinson, A., ... van der Horst, M. (2009). *Supply Chain Decarbonization, The role of logistics and transport in reducing supply chain carbon emission*.
- EPA. (2022, febrero 25). Global Greenhouse Gas Emissions Data | US EPA. Recuperado el 30 de septiembre de 2022, a partir de <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- Evans, J., Foster, A., Huet, J.-M., y Reinholdt, L. (2014). *Link Door opening View project Cryohub View project*. Recuperado a partir de <https://www.researchgate.net/publication/293821021>
- FECOC. (2016). *Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos-fecoc*.
- Ferrer, B., y AECOC. (2022). El cálculo de la huella de carbono en los procesos logísticos,... Recuperado el 20 de noviembre de 2022, a partir de <https://www.aecoc.es/articulos/el-calculo-de-la-huella-de-carbono-en-los-procesos-logisticos-clave-para-llegar-al-objetivo-de-emisiones-netas-en-2050/>
- Frohmann, A., y Ximena Olmos. (2013). *Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático*. Recuperado a partir de <https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/4101/S2013998rev1.pdf>
- García, R. (2019). *Distribución Urbana de Mercancías: Retos y Tendencias*.

- Granados, A. (2019). *Sistema Automático para el Ahorro Energético del Cuarto Frio del Expendio SUBPROCARNICOS de la Ciudad de Santa Marta*.
- Herhold, P., y Farnworth, E. (2020). *The Net-Zero Challenge: Fast-Forward to Decisive Climate Action In collaboration with Boston Consulting Group*. Recuperado a partir de www.weforum.org
- Hernán, J., Sotero, C., Felipe, J., y Losada, B. (2012). *Metodología de la huella de carbono en las operaciones logísticas empresariales aplicada al sector de alimentos*.
- Iberdrola. (2022). Consecuencias del efecto invernadero. Recuperado el 1 de noviembre de 2022, a partir de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/consecuencias-efecto-invernadero>
- IDEAM. (2022). *Cambio Climático*. Bogotá: Pronosticos y Alertas, Cambio Climático. Recuperado a partir de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- IDEAM, y . (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.
- Ihobe, y IDOM. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones*. Recuperado a partir de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/uneiso14064/es_def/adjuntos/PUB-2012-019-f-C-001.pdf
- IPCC. (2022a). *Climate Change 2022 Mitigation of climate Change*. Recuperado a partir de <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf>.
- IPCC. (2022b). *Resumen técnico del reporte de cambio Climático 2022: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. Recuperado a partir de https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf
- ISO. *NTC-ISO 14064-1 Gases de efecto invernadero. Especificación con orientación a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de emisiones y remosiones de gases de efecto invernadero*. , (2020).
- JanE, D., y Binard, P. (2002). *Refrigerated Storage : New Developments*.
- Jones, P. D., Osborn, T. J., y Briffa, K. R. (2001, abril 27). The evolution of climate over the last millennium. *Science*, Vol. 292, pp. 662–667. <https://doi.org/10.1126/science.1059126>
- Luna Sainz, M. J. (2019). *Cálculo de la huella de carbono en el mundo de la logística en HMY yudigar*. Universidad Zaragoza, Zguan.
- Mak, S. L., Wong, Y. M., Ho, K. C., y Lee, C. C. (2022). Contemporary Green Solutions for the Logistics and Transportation Industry—With Case Illustration of a Leading Global 3PL Based in Hong Kong. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148777>
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2016). *Alternativas naturales y de bajo impacto ambiental sistemas de refrigeración*.
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2021, agosto 9). “Colombia está comprometida con la acción climática global”: Ministro de Ambiente - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado el 27 de noviembre de 2022, a partir de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico/colombia-esta-comprometida-con-la-accion-climatica-global-ministro-de-ambiente/>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2022). Convenio Sobre Cambio Climático - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado el 18 de noviembre de 2022, a partir de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-internacionales/convenio-sobre-cambio-climatico/>
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2022, septiembre 22). Introducción | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado el 29 de septiembre de 2022, a partir de Ministerio website: <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico>
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2022, noviembre). Introducción | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado el 19 de noviembre de 2022, a partir de <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico>
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2017). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Recuperado a partir de <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- Montenegro, L., Catalina, F., Carvajal, R., y Vargas, J. (2018). *Diseño de lineamientos para la disminución de la huella de carbono del área de logística de Yokogawa Colombia S.A.S*.
- Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*.
- Naciones unidas. (2021). *Causas y efectos del cambio climático | Naciones Unidas*. 1. Recuperado a partir de <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>

- Naciones Unidas. (2022a). ¿Qué es el cambio climático? | Naciones Unidas. Recuperado el 30 de septiembre de 2022, a partir de ¿Que es el cambio climático? website: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Naciones Unidas. (2022b). ¿Qué es el cambio climático? | Naciones Unidas. Recuperado a partir de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Nieuwenhuis, P., Beresford, A., y Choi, A. K. Y. (2012). Shipping or local production? CO 2 impact of a strategic decision: An automotive industry case study. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.034>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). NORMA TÉCNICA NTC-ISO COLOMBIANA 14001. Recuperado a partir de https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015.pdf
- Oswaldo, H., Ballesteros, B., Esperanza, G., y Aristizabal, L. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá.
- Ramírez Velasco, C. A., Pérez Ortega, D. J., Pereira Martínez, R. I., y Bolaños Alomía, F. A. (2020). Theoretical and experimental evaluation of CO2 emissions from commercial diesel B10 AND biodiesel B100. *Ingeniería Solidaria*, 16(1). <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2020.01.07>
- Schneider, H., y Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*.
- Secretaría Distrital de Ambiente, Carolina, D. C., Vásquez, U., Cesar, J., Puerto, P., Alexander, C., ... Ramírez, V. (2018). *Inventario de emisiones de Bogotá*.
- Stern, N. (2006). Review “ *The Economics of Climate Change*”.
- Sundarakani, B., de Souza, R., Goh, M., Wagner, S. M., y Manikandan, S. (2010). Modeling carbon footprints across the supply chain. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.01.018>
- Torres, P. A., Jesús, ;, Padilla, T., Alvaro, ;, y Almarío, A. (2018). *Análisis cuantitativo de emisiones de gases refrigerantes en el sector Los Ángeles de la ciudad de Montería (Colombia) Quantitative analysis of refrigerant gas emissions in Los Angeles sector of the city of Monteria* (Vol. 39).
- UNEP. (2022). About climate change | UNEP - UN Environment Programme. Recuperado el 1 de noviembre de 2022, a partir de <https://www.unep.org/es/node/1196>
- UPME. (2019). *Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética*.
- Uribe Botero, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*.
- Uribe, R. P., y Bejarano, A. (2007). *Sistema de gestión ambiental: serie ISO 14000 Palabras clave*.
- World Meteorological Organization. (2022). *The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2021*.

