



Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

Nicolas Esteban Torres Álvarez

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Ambiental

Tutor

Zorayda Restrepo Correa, Doctor (PhD) en Ingeniería Ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Torres Alvarez, 2020)
Referencia	Torres Álvarez, N (2020). <i>Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil</i> . [Trabajo de grado profesional].
Estilo APA 7 (2020)	Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Elija un elemento.

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

El presente trabajo de grado está dedicado a mi madre Lina Esperanza, a mi familia, amigos y demás compañeros, que hicieron parte de este proceso y me brindaron su acompañamiento durante esta etapa de mi vida.

Agradecimientos

Agradezco enormemente a mi madre por enseñarme a luchar por mis propósitos y por el apoyo incondicional que siempre me brindó, a mis docentes por su dedicación y sabiduría que me motivaron día a día a luchar por mi título, formando en mi un profesional íntegro.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
1. Introducción	11
2. Objetivos	12
2.1 Objetivo general	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. Marco teórico	13
4. Metodología	15
4.1 Metodología para el cálculo de la huella de carbono	15
4.2 Metodología para el cálculo de las emisiones asociadas al manejo de residuos sólidos	17
4.3 Proceso productivo	18
5. Definición del Alcance	19
6. Límites	21
6.1 Límites organizacionales.....	21
6.2 Límites del sistema.....	21
6.3 Límites operativos.....	22
6.4 Exclusiones.....	22
7. Año base.....	23
8. Análisis inventario de huella de carbono	23
8.1 Fuentes de Emisiones directas.....	23
8.2 Fuentes de Emisiones indirectas por uso de energía	25
8.3 Fuentes de Emisiones indirectas por manejo y disposición de residuos sólidos.....	26
8.4 Factores de emisión.....	27
9.1 Emisiones directas.....	29

9.2	Emisiones indirectas por uso de energía	30
9.3	Emisiones evitadas	31
10.	Discusión.....	32
11.	Conclusiones	35
13.	Referencias	38
	Visto bueno del asesor interno y asesor externo	¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

Tabla 1. Descripción de los procesos productivos que suceden en las instalaciones de la empresa.....	20
Tabla 2. Fuentes de emisión presente en la empresa para el alcance 1.....	25
Tabla 3. Fuentes de emisión presentes en la empresa para el alcance 2.	26
Tabla 4. Fuentes de emisión consideradas para el alcance 3.....	27
Tabla 5. Factores de emisión por recurso usado, unidades y fuente.	28
Tabla 6. Emisiones liberadas de fuentes de emisión directa.	30
Tabla 7. Emisiones liberadas de fuentes de emisión indirecta.	31
Tabla 8. Emisiones liberadas de la disposición de residuos húmedos en relleno sanitario sin discriminar materiales de los que están compuestos.	31

Lista de figuras

Figura 1. Alcances de medición huella de Carbono.....	17
Figura 2. Esquema del proceso productivo.	19
Figura 3. Ciclo de vida de la unidad funcional cantidad de prendas diarias.	22
Figura 4. Tabla de valores para combustibles fósiles, primer semestre del 2021.	24
Figura 5. Tabla de valores obtenidos en el cálculo de la huella de carbono corporativa entre los meses de marzo a agosto del 2021.	29
Figura 6. Gráfico de barras de emisiones discriminadas por alcance en ton CO ₂ eq.	32
Figura 7. Distribución circular porcentaje de participación por alcance en las emisiones atmosféricas.	34

Siglas, acrónimos y abreviaturas

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
NTC	Norma Técnica Colombiana
ISO	International Organization for Standardization
PMIRS	Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos
GEI	Mitigación de Gases de Efecto Invernadero
HC	Huella de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
CH₄	Metano
N₂O	Óxido Nitroso
SF₆	Hexafluoruro de Azufre

Resumen

El presente trabajo de grado calcula la medición de la huella de carbono de una empresa textil de Medellín, constituyéndose esta como una herramienta que facilita a las compañías cuantificar la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) durante diferentes procesos productivos y de cotidianidad, especialmente en esta zona de confección posibilitando gestionar las emisiones de los procesos productivos y aumentar el periodo de la vida útil de sus productos.

Palabras clave: GEI, AMVA, CO₂, cambio climático, huella de carbono, GHG protocol.

Abstract

The present degree paper calculates the measurement of the carbon footprint of a textile company in Medellín, constituting this as a tool that facilitates companies to quantify the emission of greenhouse gases (GHG) during different production processes and daily life, especially in this clothing area making it possible to manage emissions from production processes and increase the lifespan of their products.

Keywords: GEI, AMVA, CO₂, climate change, carbon footprint, GHG protocol.

1. Introducción

El cambio climático es algo inequívoco, detectado gracias a tendencias a lo largo de varios años asociadas con aumentos en la temperatura superficial del planeta, velocidad de incremento, nivel del mar, y reducción continua de la extensión de nieve y hielo; estas son atribuidas a un forzante radiactivo en el planeta, ocasionado por actividades antropogénicas que liberan gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera por un amplio uso de combustibles fósiles (IPCC, 2007)

En Colombia, con la adopción del acuerdo de París, en la 21a convención hecha por las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ratificó su participación en la mitigación de las emisiones de GEI que potencien el calentamiento global, por lo cual sus instituciones, así como los diferentes sectores sociales y económicos, deben propender la reducción de emisiones para contribuir a dichos objetivos planteados (Márquez, 2020). Adicionalmente, según el AMVA (2007), estos GEI son considerados en varios episodios como contaminantes atmosféricos, esto sucede cuando sus niveles son elevados en la composición atmosférica. En Medellín, han venido aumentando estos episodios en los últimos años, generando diferentes medidas tomadas por las autoridades competentes que pueden ocasionar cambios, nuevas reglamentaciones y restricciones dirigidas a la sociedad en general, tal como lo indica el Área Metropolitana del Valle de Aburrá han estado ocurriendo debido a las afectaciones que pueden tener a la salud y ambiente.

Por otro lado, entidades públicas y privadas, y personas del común han tomado iniciativas en relación con los lineamientos antes mencionados, buscando reducir su participación en la generación de GEI mediante una gestión ambiental a sus posibles impactos, y logrando así, nuevas herramientas que permiten cuantificar y determinar cómo se afecta el medio ambiente con las actividades productivas y cotidianas de la sociedad (Hadad, 2016)

La medición de la huella de carbono (en inglés Carbon Footprint) constituye una de estas herramientas, que permite a las organizaciones, cuantificar la emisión de GEI a lo largo de

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

diferentes procesos productivos y de cotidianidad (NTC - ISO 14064 de 2006), y, más específicamente, en el sector textil permite gestionar las emisiones de procesos productivos y del ciclo de vida de sus productos, lo anterior mediante la toma de decisiones y medidas encaminadas a evitarlas, mitigarlas y compensarlas. De allí nace el propósito de este trabajo el cual busca calcular la huella de carbono del proceso productivo en el sector textil en una empresa de Medellín, y junto a la labor ambiental constituida en la implementación del PMIRS empresarial, cuantificar la emisión de gases evitados por el manejo adecuado de residuos sólidos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Realizar los cálculos de la huella de carbono en el proceso de industria textil, conformado por elaboración de hilos y tejeduría de telares, confección, producción y distribución de prendas de vestir en la empresa durante un semestre en el año 2021.

2.2 Objetivos específicos

- Actualizar la información necesaria para calcular la huella de carbono empresarial (emisiones directas e indirectas por uso de energía).
- Actualizar y mejorar la estructura actual del PMIRS y normativas asociadas junto con una implementación adecuada a las necesidades de la empresa.
- Caracterizar la producción de residuos en el ciclo de vida de todos los productos.
- Generar indicador ambiental (emisiones de CO₂ evitadas) a partir de los resultados de la implementación del PMIRS en la empresa del sector textil.
- Monitorear el uso, programas de sensibilización y estrategias encaminadas al acople del PMIRS en los diferentes puntos de la cadena de producción y colaboradores.
- Proponer estrategias y acciones de ajuste en los procesos de separación que permitan reducir el volumen total de estos.

- Contrastar las emisiones de GEI mediante la huella de carbono y las emisiones evitadas por el manejo de residuos sólidos.
- Generar un informe final, análisis de resultados y recomendaciones para la empresa y futuros practicantes.

3. Marco teórico

La huella de carbono (HC) es un inventario y sumatoria total de diferentes gases de efecto invernadero (GEI), los cuales son directa o indirectamente emitidos por una organización, ésta huella considera seis tipos de gases del protocolo de Kioto (CO₂, CH₄, N₂O, PFC's, SF₆, HFC's), los cuales son traducidos en toneladas Equivalentes de CO₂ (CO₂eq); estas equivalencias van de acuerdo con su potencial de calentamiento característico de cada uno de ellos (IHOBE S.A, 2012).

Para entender el anterior concepto, se debe dar claridad sobre el concepto de “análisis de ciclo de vida (siglas ACV)”, el cual comprende una técnica de gestión ambiental, que contempla todos los aspectos e impactos ambientales de una unidad funcional (producto o servicio) derivados de las entradas y salidas de todo su ciclo de vida. De acuerdo con los límites de sistema y el nivel de detalle, este análisis permite conocer, recopilar y evaluar, cuán significativos son sus impactos en magnitud e implicaciones para el medio ambiente (NTC- ISO 14040 y 14044 de 2006).

En Colombia, de acuerdo con la resolución 1447 del 2018, el cálculo de los programas sectoriales de mitigación de GEI, en este caso huella de carbono, deben seguir los lineamientos establecidos por la norma técnica ISO – 14064 de 2006, o en su defecto indicado en esta norma, el uso de otra herramienta que cumpla los lineamientos allí constatados, tal como Greenhouse Gases protocol (GHG protocol), donde uno de los componentes evaluados son los aspectos ambientales como la generación de residuos sólidos; de acuerdo con la guía para el sector textil, son uno de los impactos más significativos de la industria textil.

Las emisiones de CO₂ evitadas, son emisiones asociadas a diferentes procesos o actividades, en este caso comerciales, las cuales se reducen debido a la toma de acciones por parte

de la empresa y su área de gestión ambiental, en el caso de la gestión integral de residuos sólidos, este manejo de emisiones implica la no disposición en vertederos de varios de residuos, y posibilitando que sean usados como energía, combustible o materias primas con lo cual permite generar un impacto menor al medio ambiente y aprovechar los diferentes desechos de sus actividades productivas. Mediante “Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions” formulado y desarrollado por GHG protocol, permite cuantificar el aporte de GEI de los diferentes residuos aprovechados, lo cual puede ser considerado como emisiones evitadas para ser contrastados con la huella de carbono generada por la empresa.

En el año 2009, Medellín adoptó los planes de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) a través del decreto municipal 440, estos se traducen en un plan que permite identificar, diagnosticar, implementar, evaluar y corregir un sistema para el manejo adecuado de los diferentes residuos sólidos generados en actividades sociales y comerciales. Para el sector textil, según el AMVA (2008) existen diferentes guías adicionales tales como la Guía para el manejo integral de residuos, la cual se constituye como una de las 12 guías para subsectores económicos y de servicio generadas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Como es de saberse, este manejo integral de residuos es uno de los pilares para la gestión ambiental, y constituye un aspecto ambiental que tiene toda entidad particular o privada, y por consiguiente una necesidad diaria que busca soluciones inmediatas y a largo plazo. (AMVA, 2006)

El manejo integral de residuos implica una planeación, generación y monitoreo de diferentes medidas para prevenir, minimizar, almacenar, separar en fuente y transportar diferentes materiales que contribuya a su valorización, tratamiento y disposición para así, favorecer la salud y el medio ambiente. Adicionalmente implica el reconocimiento y cobertura de los diferentes procesos de producción de residuos, desde la obtención de materias primas hasta el producto final. (AMVA, 2006)

4. Metodología

4.1 Metodología para el cálculo de la huella de carbono

Para el cálculo de la HC, se ha tomado como referencia trabajos asociados al uso de GHG protocol tales como Hadad (2016), Morales (2018), Márquez (2020), Varón, Osorio, & Morales, (2021); los cuales constituyen una metodología mundialmente aceptada desde la publicación de su primera edición en el año 2001 (GHG Protocol, 2005), por lo cual hizo que el protocolo fuera la opción en la mayor medida viable para el cálculo total de las emisiones generadas que cuenta con referencias bibliográficas aplicadas en Colombia, y que adicionalmente suple el acceso a la ISO 14064 de 2006. Para la realización del cálculo se hará uso de la herramienta Excel proporcionada por – Mecanismo para la mitigación voluntaria de gases de efecto invernadero en Colombia, MVC Colombia, con el apoyo de BID y GEF. (Fundación Natura Colombia, 2019)

Este protocolo cuenta con límites; los cuales van desde la organización hasta el control financiero y operacional, permitiendo enmarcar el sistema de acuerdo con la disponibilidad de datos, alcance administrativo, y gestión del cambio para implementar estrategias que contribuyan a la reducción de las emisiones a mediano y largo plazo en los límites antes mencionados.

$$Emisiones\ de\ CO_2\ \left(KgCO_2\frac{eq}{tiempo}\right) = \sum VC * Fe \quad (1)$$

En la Ecuación 1, se evidencia la formulación para el cálculo de la Huella de Carbono alcance 1 y 2 a partir de los siguientes parámetros.

*VC*Fe*: Sumatoria mensual del consumo total de Huella de Carbono, puede ser semestral o anual.

VC: Valor mensual consumido o usado del recurso

Fe: Factor de emisión de acuerdo con el método para su determinación y el alcance usado.

El GHG protocol, estipula tres diferentes alcances en términos de las emisiones que puede generar una organización (Ver Figura 1), y que pueden ser o no incluidas en el cálculo de este. de acuerdo con la ilustración 1, estos se clasifican en:

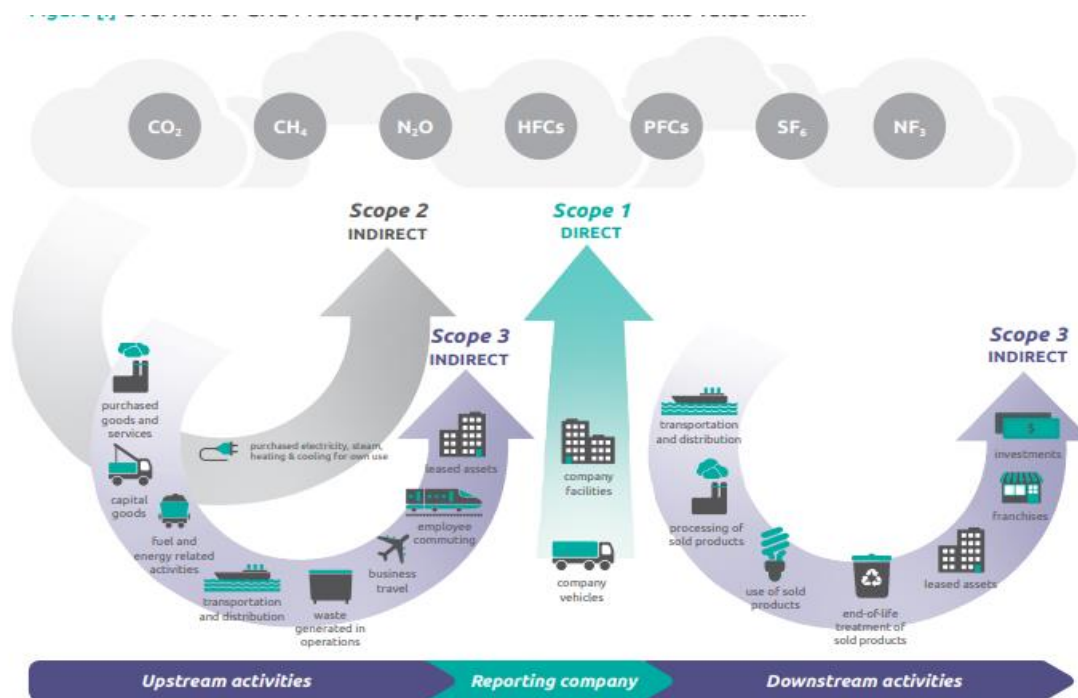
Alcance 1. Emisiones directas asociadas a fuentes de consumo de combustibles fósiles líquidos, sólidos o gaseosos, generalmente tienen propósitos energéticos o caloríficos en los procesos industriales. Se van a usar factores de emisión nacionales de acuerdo con la localización de los recursos y valores otorgados por la Unidad de Planeación Minero – Energética y Minenergía.

Alcance 2. Emisiones indirectas asociadas a la prestación de servicios energéticos públicos o privados, este depende del mecanismo productor de energía eléctrica. Se decide utilizar la jerarquía de factores de emisión basada en el mercado como lo estipula el GHG protocol scope 2.

Alcance 3. Emisiones indirectas asociadas a movilización, disposición de residuos, tratamiento de aguas residuales, entre otros que no dependen enteramente de la organización, en lugar de esto su procedencia viene del personal y el cumplimiento de sus responsabilidades laborales. Se dará uso al método específico tipo de residuo del GHG protocol scope 3.

Figura 1.

Alcances de medición huella de Carbono.



Nota. Obtenida mediante GHG protocol scope 3 (Standard, G. P, 2011)

4.2 Metodología para el cálculo de las emisiones asociadas al manejo de residuos sólidos

Para la determinación de los aportes hechos por el manejo de residuos, este mismo protocolo dispone de diferentes fuentes bibliográficas para los factores de emisión, así como para la estimación de los aportes por el aprovechamiento, tratamiento y disposición final que se le da a los residuos sólidos organizacionales, en el presente caso, se hicieron estimaciones de la cantidad de residuos sólidos directamente dispuestos en un relleno sanitario, en los cuales no se presenta ningún dato concreto.

De acuerdo con la categoría cinco, del alcance tres de “GHG protocol”, existen tres diferentes metodologías aplicables a esta para la medición de las emisiones generadas por la generación de residuos sólidos en operaciones, para el presente, se hará uso del Average data

method o en español Método de valores promedio, el cual se calcula con una ecuación ya estipulada.

El valor obtenido en CO₂ eq/ ton o m³ está asociado a la sumatoria de todos los residuos cada uno multiplicado por el factor de emisión asociado al tratamiento y la cantidad de residuos tratados como lo evidencia la Ecuación 2.

$$\Sigma (\text{Residuos producidos (ton o m}^3\text{)}) \times \text{proporcion del total de residuos que seran tratados} \times \text{factor de emisi3n por tipo de tratamiento} \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{ton o m}^3} \right) \quad (2)$$

4.3 Proceso productivo

La empresa genera campañas las cuales difunde y vende a través de catálogos en línea y físicos, generando así, una base previa de la cantidad de prendas a confeccionar en la producción, contribuyendo así al ahorro de materias primas, demandas de procesos e infraestructura para cumplir esa cantidad establecida.

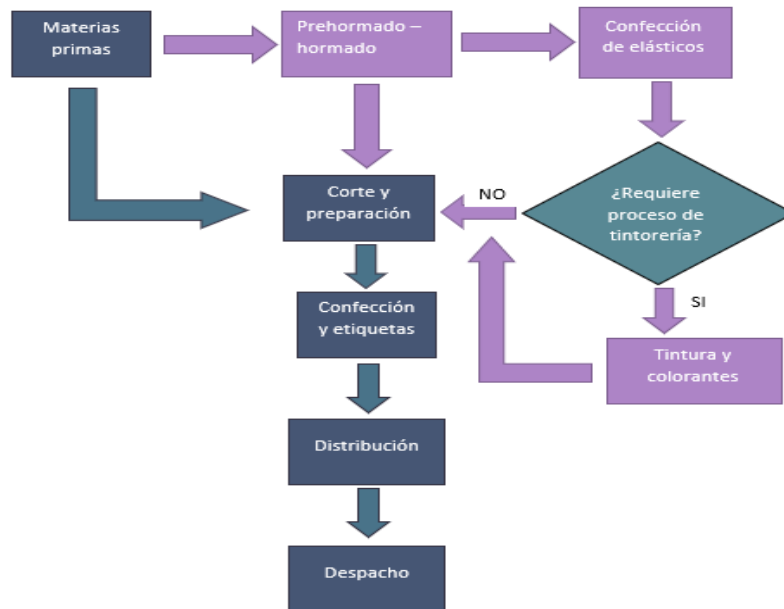
El proceso productivo no es específico, es decir, varía dependiendo del tipo de prenda que se piense confeccionar, para las prendas interiores femeninas y masculinas, se deben cumplir otros procesos como la confección de elásticos, prehormado y hormado, y de ser necesario tintorería.

En la

Figura 2, se presenta un esquema del proceso productivo a grandes rasgos, en donde se sigue un hilo principal desde materias primas, corte y preparación, confección y etiqueta y para finalizar, distribución y despacho.

Figura 2.

Esquema del proceso productivo.



Nota. Elaboración propia.

5. Definición del Alcance

Este estudio se realizó durante seis meses, contados desde marzo hasta agosto del 2021, y en el cual se vieron involucradas ambas sedes que presenta la empresa, una ubicada en Guayabal y otra en un complejo de bodegas ubicadas a las afueras de Medellín, la primera consta del todo el proceso productivo, diseño y confección de prendas y la segunda constituye la sede de almacenaje e inventario, distribución y devolución de mercancía.

La producción generada aproximadamente 26000 unidades funcionales diarias, entre las cuales están blusas, camisetas, vestidos, ropa interior femenina y masculina, pantalones, shorts y algunas prendas de Jean. Desde el año 2019 la empresa logró instalar todo el proceso productivo dentro de

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

su sede Guayabal, iniciando con procesos que se tercerizaban hasta ese momento, para el estudio se tuvieron en cuenta los procesos de la Tabla 1. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

Tabla 1.

Descripción de los procesos productivos que suceden en las instalaciones de la empresa.

Procesos	Descripción
Materias primas	Proceso de almacenaje, abastecimiento e inventario de materias primas para elaboración de prendas de vestir exterior e interior masculinas y femeninas.
Prehormado y hormado	Hormado de espumas para prendas interiores femeninas, copas y adecuación de horma necesarias para los productos.
Confección de elásticos	Confección y generación de elásticos y telares mediante diferentes materiales tales como nylon, algodón, etc.
Tintura y elásticos	Preparación de tonos y tintura de elásticos a necesidad, solo se tinturan estos productos.
Corte y preparación	Diseño y corte de las piezas que conforman cada prenda, este trabajo está automatizado y especializado.
Confección y etiquetas	Confección de piezas que conforman cada prenda, adición de etiquetas y marquillas con información relevante de la prenda.
Distribución	Transporte de las prendas desde la planta (Guayabal) hacia el centro de distribución ubicado en Caldas (Afueras de Medellín) donde se almacena y bodega de acuerdo con las necesidades y posibles despachos.

Nota. Elaboración propia.

6. Límites

6.1 Límites organizacionales

Dado que el control operacional y control financiero se da en dos instalaciones de la empresa, ambas se tuvieron en cuenta para el cálculo de la huella de carbono, es importante resaltar que para ambas sedes se calcula la HC por separado y posteriormente, como una sumatoria total de los aportes de GEI de ambas instalaciones. Esto anterior debido a la trayectoria que tiene cada sede.

La sede en Guayabal se encuentra en funcionamiento desde 199 en la ciudad de Medellín, tiene un total de 881 empleados, la mayor parte de la población son operación de confección, mecánicos, entre otros, en esta sede se llevan a cabo los procesos más importantes de la empresa, desde materias primas hasta Confección y etiquetas las cuales se desarrollan en un edificio de 7 pisos.

La segunda sede ubicada en el sector de la Tablaza desde el año 2020, en el municipio de Caldas, cuenta con 272 empleados que desarrollan labores de recepción de Mercancía, ensamble de paquetes, almacenamiento y despacho de pedidos, es la sede de distribuciones a nivel nacional. En esta sede solo se cumple el proceso de distribución desarrollado en tres bodegas de aproximadamente 500 m² cada una.

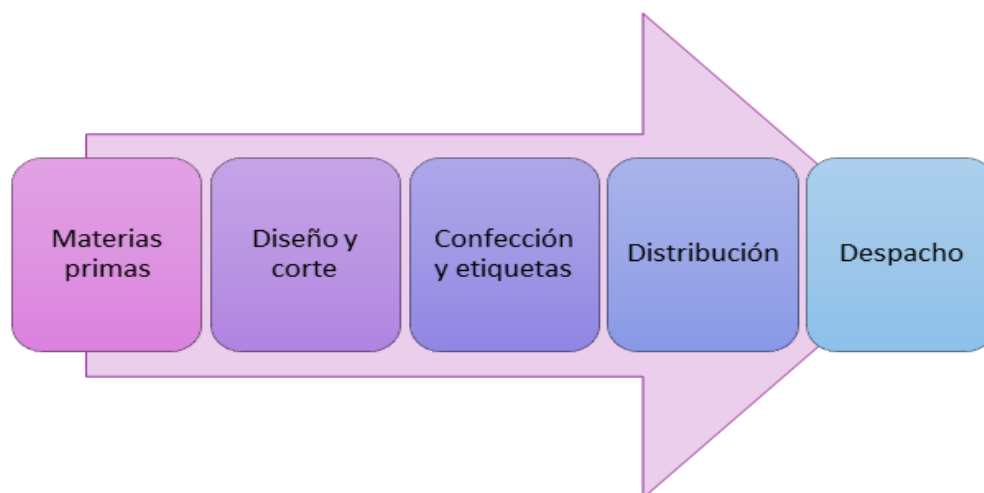
6.2 Límites del sistema

Se realiza un análisis del ciclo de vida para delimitar las etapas generales por las cuales pasa cada unidad funcional, como se ilustra en la figura 3, son cinco etapas principales de las cuales se desprenden los principales aportes de GEI a la atmósfera y las cuales están dentro del control operacional de la empresa.

Para los límites del sistema del presente estudio, se contemplan las etapas de “la puerta hasta la puerta”, es decir, desde materias primas hasta distribución, siendo las etapas de mayor participación, así como las etapas en las cuales la empresa puede tomar acciones en pro de la reducción de emisiones de GEI.

Figura 3.

Ciclo de vida de la unidad funcional cantidad de prendas diarias.



Nota. Elaboración propia.

6.3 Límites operativos

Para el cálculo de la huella de Carbono bajo el GHG protocol, solo se tuvo en cuenta el alcance uno y alcance dos, los cuales consisten en emisiones directas por usos de combustibles fósiles y emisiones indirectas por consumo de energía respectivamente. De los contaminantes atmosféricos contemplados por el GHG protocol, solo se evaluaron el Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hexafluoruro de Azufre (SF₆) y compuestos fluorados en unidades de CO₂ eq.

6.4 Exclusiones

Como requisito de un cálculo adecuado de la huella de carbono, que se ajuste o aproxime a las emisiones reales de una empresa, la calidad de los datos obtenidos y usados en este deben tener una procedencia verificable, así como una medición adecuada y que se pueda dar a lo largo del tiempo, por este motivo se realizan en el presente trabajo las siguientes exclusiones priorizando la necesidad de información verídica y adecuada para calcular un primer año de HC para la empresa, y garantizar así la continuidad de este proceso.

Se excluyen:

- Vertimientos de aguas residuales domésticas (ArD) y no domésticas (ArnD)
- Alcance 3, haciendo exclusión de los proveedores, procedencia y transporte de materias primas, así como del despacho y transporte de mercancía, puntos de experiencia y las actividades realizadas por las vendedoras del catálogo.

7. Año base

El año base consiste en un año o en un periodo más dilatado en el tiempo, el cual tiene el propósito de comparar el inventario de emisiones en ese específico año, versus los cálculos de huella de carbono posteriores, deben realizarse bajo la misma metodología y alcance para así lograr los objetivos propuestos en la reducción y gestión de las emisiones de GEI, tanto para norma técnica ISO 14064 de 2006 como para GHG protocol es importante esto último. (IHOBE S.A, 2012)

Dadas las circunstancias y cambios que ha sufrido la empresa así como las normativas respecto a la gestión y manejo integral de residuos sólidos en los últimos dos años, el año correspondiente al 2021 es considerado nuestro año base tomando los meses desde marzo hasta agosto, y no se realizarán comparaciones respecto a otro año diferente, la compra de las bodegas a las afueras de Medellín y unificación de la compañía multimarca actual así como el cambio en el código de color para el manejo de residuos sólidos son algunas de las causas para no considerar otro año diferente al presente.

8. Análisis inventario de huella de carbono

A continuación, se definen los alcances que se contemplan en el presente estudio, con una breve descripción del proceso, cantidad usada y generador de la emisión, estos se tomaron en cuenta debido a los límites operacionales definidos con anterioridad.

8.1 Fuentes de Emisiones directas

Las emisiones directas están asociadas a las actividades empresariales que demandan recursos como combustibles fósiles para el funcionamiento y refrigerantes o sustancias químicas que liberan emisiones por su uso, en el presente caso se traducen en el uso de gas natural, ACPM, refrigerantes como R22 y R410a, y extintores de CO₂ y solkaflam.

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

Los datos fueron extraídos de recibos de servicios públicos de Empresas Públicas de Medellín (EPM) así como bases de datos empresariales y de costos asociados al mantenimiento y funcionamiento de los dispositivos expuestos en la tabla 2. Para el consumo de ACPM, se utilizó un balance promedio semanal de presupuesto para el llenado del único vehículo que transporta mercancía entre ambas sedes, el cual consta de \$230.000 semanales y por medio de los precios estipulados del Ministerio de Minas y Energía (Minenergía) se calculó el total de galones que se adquieren con dicha cantidad monetaria y se promediaron para sacar un valor mensual.

Figura 4.

Tabla de valores para combustibles fósiles, primer semestre del 2021.

Precios de referencia por ciudades	Vigencia 17 de Junio de 2021	
	Gasolina MC (\$/gal)	ACPM (\$/gal)
Bogotá	8.847	8.652
Medellín	8.789	8.672
Cali	8.885	8.776
Barranquilla	8.542	8.378

Nota. Obtenido de Minenergía. 2021.

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

Tabla 2.

Fuentes de emisión presente en la empresa para el alcance 1.

Alcance	Generador Emisión	Usos	Cantidad	Observación
1	combustión de gas natural (Caldera)	Calentamiento y generación de vapor de H ₂ O	4500 m ³ en promedio mensual	Extraído del recibo de servicios públicos EPM de gas domiciliario.
1	Distribución de prendas y materias primas (hiladuras)	furgón doble troque - 3 viajes en promedio diarios	106,3 galones de ACPM en promedio mensual	Extraído de base de datos de Aduanas y recepción de mercancía en la empresa.
1	Emisiones fugitivas	Refrigerantes y recarga de extintores de CO ₂ y solkaflam		Extraído del inventario propio del área de seguridad y salud en el trabajo

Nota. Elaboración propia.

8.2 Fuentes de Emisiones indirectas por uso de energía

Las emisiones indirectas por uso de energía se traducen totalmente al consumo por equipos electrónicos, tecnológicos y de luminarias que requieran una fuente de energía para funcionar, en este caso la mayoría de los equipos son de carácter tecnológico y computacional, así como luminarias.

Tabla 3.

Fuentes de emisión presentes en la empresa para el alcance 2.

Alcance	Generador Emisión	Uso	Cantidad	Observaciones
2	Energía eléctrica para procesos de corte, confección, administración, etc. (sede Guayabal)	Alimentación de red eléctrica y dispositivos tecnológicos	60000 Kwh en promedio al mes	Extraído del recibo de servicios públicos EPM de energía.
2	Energía eléctrica para procesos de distribución, picking, embalaje, etc. (Sede a las afueras de Medellín)	Alimentación de red eléctrica y dispositivos tecnológicos	29000 Kwh en promedio al mes	Extraído del recibo de servicios públicos EPM de energía

Nota. Elaboración propia.

8.3 Fuentes de Emisiones indirectas por manejo y disposición de residuos sólidos

Se traducen en las emisiones que se evitan por la implementación de estrategias para evitar, reducir o compensar las emisiones resultantes de las actividades productivas, en el presente caso, estas emisiones son suposiciones de que el material fuera dispuesto en un relleno sanitario y no fruto del aprovechamiento y gestión integral de los residuos sólidos generados.

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

Tabla 4.

Fuentes de emisión consideradas para el alcance 3.

Alcance	Generador Emisión	Uso	Cantidad	Observaciones
3	Aprovechamiento de residuos sólidos aprovechables año 2020	Comercialización y obtención de ingresos adicionales	en 2020: <ul style="list-style-type: none">• 246.592 kilogramos de material aprovechable.• 5.420 cajas (grandes, medianas y pequeñas).	Extraído de base de datos empresarial del área de servicios administrativos, PGIRS

Nota. Elaboración propia.

8.4 Factores de emisión

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente (2010), el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica, el factor de emisión es una relación entre una unidad de actividad productiva o proceso y la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera, adicionalmente, la unidad de planeación minero energética (UPME) da aproximaciones ampliamente usadas para el cálculo de la huella de carbono de diferentes factores de emisión de acuerdo con el tipo de combustible o energía y la actividad desarrollada.

Tabla 5.

Factores de emisión por recurso usado, unidades y fuente.

Fuente generadora de contaminantes atmosféricos	Factor de Emisión	Unidades	Extraído
Gas Natural	1.980	KgCO ₂ eq/m ³	UPME
Diesel	10.149	KgCO ₂ eq/gal	UPME
Electricidad	0.10612	KgCO ₂ eq /KWh	UPME
Compuesto fluorado HCFC-22 o R-22	1760.0	KgCO ₂ eq/Kg	Cornare
Compuesto fluorado o R-410A	1923.5	KgCO ₂ eq/Kg	Cornare
Extintor CO ₂	1.0	KgCO ₂ eq/Kg	Cornare
Extintor Solkaflam HCFC-123 o R-123	79.0	KgCO ₂ eq/Kg	Cornare

Nota. Elaboración propia.

9. Análisis y resultados

A continuación, se presentan todos los resultados obtenidos en el cálculo de la huella de carbono, adicionalmente se han separado por tipo de emisión para realizar comparaciones y algunos análisis extras que permitan identificar cuáles son las actividades que más influyen en el aporte de emisiones de GEI a la atmósfera, y así ser más específicos en las recomendaciones y estrategias que se puedan implementar para reducir las mismas.

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

Figura 5.

Tabla de valores obtenidos en el cálculo de la huella de carbono corporativa entre los meses de marzo a agosto del 2021.

									
CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA									
RESULTADOS									
ALCANCE	FUENTES	EMISIONES CO ₂ [ton CO ₂ -eq/año]	EMISIONES CH ₄ [ton CO ₂ -eq/año]	EMISIONES N ₂ O [ton CO ₂ -eq/año]	EMISIONES Compuestos Fluorados [ton CO ₂ -eq/año]	EMISIONES SF ₆ [ton CO ₂ -eq/año]	HUELLA CARBONO TOTAL [ton CO ₂ -eq/año]	REPRESENTACIÓN	INCERTIDUMBRE
1	Fuentes Móviles	7.40	0.00	0.01	0.00	0.00	7.41	1.51%	+/- 1.89%
	Fuentes Fijas	56.08	0.03	0.03	324.78	0.00	380.92	77.76%	+/- 46.55%
	Emisiones de Proceso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	+/- 0.00%
	SUBTOTAL	63.48	0.03	0.03	324.78	0.00	388.32	79.27%	+/- 45.66%
2	Energía Adquirida	101.57	0.00	0.00	0.00	0.00	101.57	20.73%	+/- 31.81%
	SUBTOTAL	101.57	0.00	0.00	0.00	0.00	101.57	20.73%	+/- 31.81%
3	Fuentes Móviles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	+/- 0.00%
	Fuentes Fijas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	+/- 0.00%
	Otras Fuentes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	+/- 0.00%
	SUBTOTAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	+/- 0.00%
TOTAL HCC		165.05	0.03	0.03	324.78	0.00	489.89	100.00%	+/- 36.79%

Nota. Elaborado por Fundación Natura Colombia (2019) basado en el GHG Protocol.

9.1 Emisiones directas

Se obtuvo, de acuerdo con el uso de la herramienta de cálculo Excel de GHG protocol y Fundación Natura, los siguientes valores dispuestos en la tabla 6. para las emisiones directas de GEI expresadas en KgCO₂eq para las fuentes Caldera, vehículo de carga y emisiones fugitivas.

Tabla 6.

Emisiones liberadas de fuentes de emisión directa.

Fuente	Consumo total	Emisiones liberadas
vehículo de carga (ACPM)	729 galones	7,41 ton CO ₂ eq
Caldera (Gas natural)	28.259 m ³	56,01 ton CO ₂ eq
Refrigerantes (R-22 y R-410a)	235 kgs	314,013 ton CO ₂ eq
Extintores (CO ₂ y Solkaflam)	167 kgs	8,82 ton CO ₂ eq

Nota. Elaboración propia.

9.2 Emisiones indirectas por uso de energía

Por el uso de energía, se generan emisiones asociadas al método de generación o producción de esta, es decir, en Colombia, la producción energética se da principalmente en hidroeléctricas cerca del 70 %. Según Minenergía (2019), las cual se considera un método sostenible a comparación de otras formas de generación energética, aunque libera emisiones de GEI asociados a la descomposición de materia orgánica, procesos fisicoquímicos en los embalses, y liberación de posibles sumideros de CO₂.

De acuerdo con la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), se calculó el valor total de emisiones en unidades de KgCO₂eq para la producción energética que brinda Empresas Públicas de Medellín a la empresa, como se observa en la Tabla 7.

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

31

Tabla 7.

Emisiones liberadas de fuentes de emisión indirecta.

Fuente	Consumo total	Emisiones liberadas
Energía EPM	957.096 kWh	101,72 ton CO ₂ eq

Nota. Elaboración propia.

9.3 Emisiones evitadas

Dadas algunas circunstancias operacionales y organizacionales en la empresa, los datos actualizados para el año 2021 de aprovechamiento de residuos sólidos no estaba presente, por lo cual, se tomó la decisión apoyada en el docente encargado de la revisión, de, utilizar los datos del año 2020 para calcular un estimado de emisiones evitadas anuales de KgCO₂eq.

Tabla 8.

Emisiones liberadas de la disposición de residuos húmedos en relleno sanitario sin discriminar materiales de los que están compuestos.

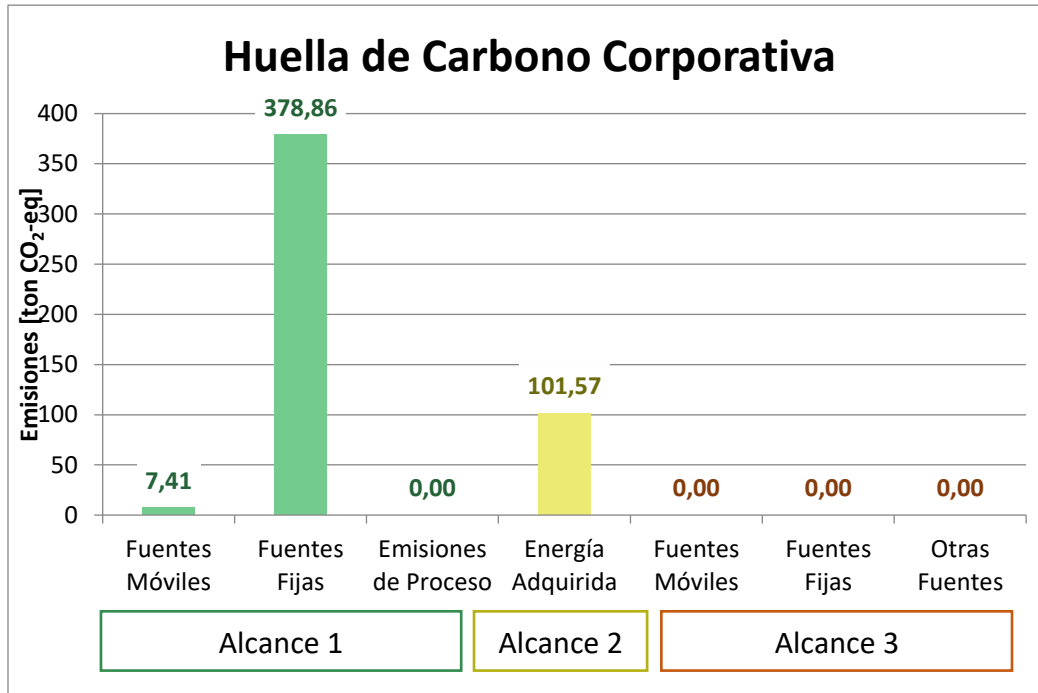
Fuente	Consumo total	Emisiones liberadas
Inventario de residuos aprovechables 2020	125.023 kgs de residuos húmedos	103,93 ton CO ₂ eq

Nota. Elaboración propia.

10. Discusión

Figura 6.

Gráfico de barras de emisiones discriminadas por alcance en ton CO₂eq.



Nota. Elaboración propia.

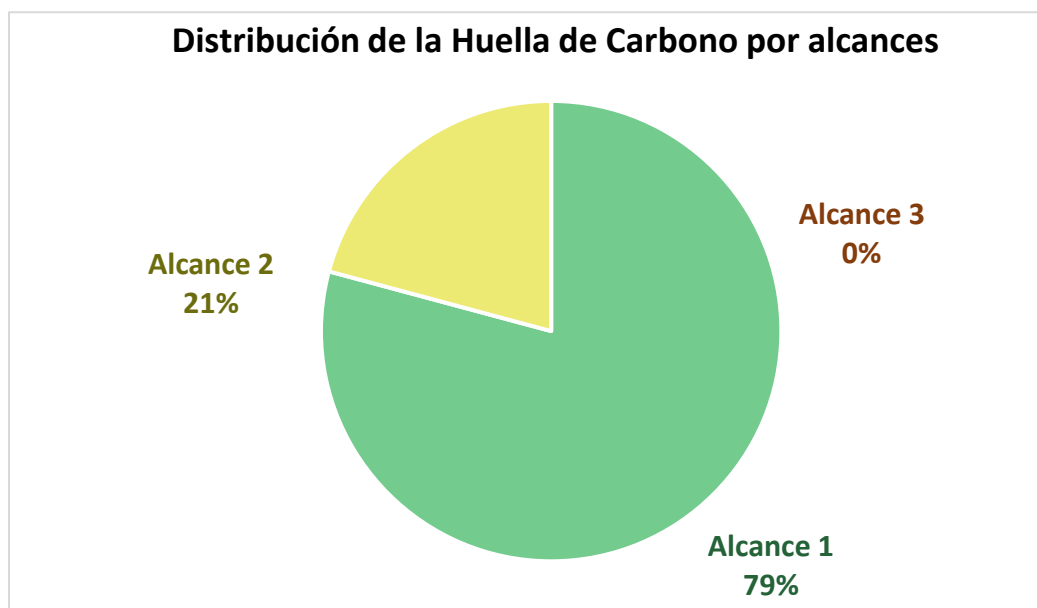
En general, la HC empresarial es el resultado de las emisiones generadas por el total de la producción obtenida en seis meses consecutivos evaluando los alcances uno y dos, las fuentes fijas son el principal aporte a las emisiones empresariales para la sumatoria de ambas sedes durante los 6 meses de análisis (Figura 6), lo cual indica la fuerte relación del uso de combustibles fósiles y compuestos fluorados con los aportes totales de GEI empresariales, el segundo aporte importante son las emisiones indirectas por uso de energía, como se observa en la Figura 7, para el presente estudio, corresponde a la tercera parte del alcance con mayores emisiones. Por separado, la sede Guayabal tiene un aporte de emisiones más importante por las fuentes fijas, en lugar de esto, la segunda sede ubicada a las afueras de Medellín tiene un mayor aporte de GEI por el uso de energía, ya que allí, no se realiza ningún proceso que requiera el uso combustible fósiles.

Debido a que la huella de Carbono es la sumatoria total de diferentes gases de efecto invernadero expresados en ton CO₂eq, se tiene que una de las mayores fuentes de emisión son los refrigerantes usados en la empresa por diferentes aires acondicionados (Figura 5), aunque a largo plazo, el aporte más importante de GEI corresponde al uso de energía, es importante resaltar que en Colombia, EPM obtiene este recurso de forma más amigable con el medio ambiente a comparación de otras fuentes, ya que es mediante hidroeléctricas que se gestiona este recurso.

Por otro lado, el uso de gas natural por parte de la caldera, la cual sería la tercera fuente más contaminante en el proceso productivo de la empresa, es un combustible fósil que tiene un impacto moderado en la calidad de aire y emisiones de GEI, aunque no se puede pasar por alto su aporte, si se puede resaltar que su uso es una de las alternativas más viables para el funcionamiento del equipo térmico en términos de emisiones generadas. Los valores que presentaron mayor incertidumbre (cerca del 70 %) fueron las emisiones fijas por refrigerantes, extintores y las suposiciones acerca de los residuos aprovechables, los cuales se supusieron como residuos dispuestos directamente en rellenos sanitarios (Figura 5).

Figura 7.

Distribución circular porcentaje de participación por alcance en las emisiones atmosféricas.



Nota. Elaboración propia.

El aporte de emisiones de GEI hecho por la empresa es de casi 500 ton de CO₂eq emitidos a la atmósfera, sin tener en cuenta los procesos de obtención materias primas, distribución del producto final, manejo de vertimientos, transporte de trabajadores, manejo de residuos sólidos y la disposición que se le da a todas las prendas que ya no son funcionales con el tiempo. Esto quiere decir que solo en el proceso productivo se generan estas emisiones, y no se pudieron tener en cuenta muchos de los antes mencionados subproductos de los procesos manufactureros, que se dan en la elaboración del producto y actividades enlazadas a la producción, las cuales como lo indica Sentená (2021) pueden ser importantes en el sector.

Respecto a otros estudios en el sector textil en Medellín, de acuerdo con Hernández (2019), reporta 234.875 kg CO₂eq en la producción de jeans en Colombia, en la empresa STOP S.A.S, valor un poco alejado del obtenido en este estudio de 496.893 kg CO₂eq, principalmente debido a

que en el presente se tuvo en cuenta el aporte hecho por los equipos refrigerantes los cuales funcionan a base de compuesto fluorados. Es importante resaltar que el uso de combustibles fósiles como el Carbón, son una mayor fuente de GEI respecto a las usadas por la empresa, el cual como ya se mencionó, es considerado un mejor combustible para la de operación de la caldera en términos de emisiones de GEI.

Los residuos sólidos que se aprovecharon en el año 2020, pudieron haber tenido la misma magnitud en emisiones de GEI a la atmósfera como el alcance dos, correspondiente a las emisiones indirectas por el uso de energía; Todo el material fue aprovechado y contabilizado por la empresa y no fue dispuesto en un relleno sanitario como basura, en lugar de esto, fue vendido y aprovechado por terceros en dicho año, lo cual permitió evitar la generación de casi 104 ton CO₂eq en un relleno sanitario, únicamente por hacer un proceso de separación de residuos sólidos y gestionar el aprovechamiento de los que cumplían estas condiciones. Esto último, hace un fuerte llamado a mejorar los planes integrales para el manejo de residuos sólidos empresariales y a fomentar estrategias para el reciclaje y aprovechamiento, así como a la reducción de los volúmenes de residuos sólidos generados.

11. Conclusiones

La huella de Carbono es una herramienta que permite contrastar un proceso productivo con los impactos ambientales generados mediante aportes de GEI, pero para ello, requiere bases de datos en el tiempo, que sean representativos y verificables de la actividad productiva donde se quiera implementar, en el caso del sector textil, es importante tener un sistema de medición de consumo, tanto de materias primas, energía, y combustibles, como de la cantidad de residuos y vertimientos que se generan, así como el producto final y los trayectos que realiza hasta llegar a cada uno de sus clientes. Para la empresa, su huella de carbono corporativa para los alcances uno y dos fue de 496 ton de CO₂eq emitidos en 6 meses productivos del año 2021.

Respecto a la metodología, la implementación de esta tuvo ciertas dificultades dada la ausencia de información, los diferentes responsables en temas ambientales y la ausencia de un área

de gestión ambiental, la herramienta de Excel es clara, aún más la versión desarrollada por MVC Colombia – Fundación Natura, la cual facilita y desarrolla con total sencillez el proceso de cuantificación de la huella de carbono corporativa en el país, en el cual no hay muchos ejemplos de este cálculo en empresas del sector textil.

La disposición adecuada de residuos sólidos y el aprovechamiento de los que pueden ser aprovechados, puede ser usado como un indicador de emisiones evitadas, ya que, en el presente caso, equipara la cantidad de emisiones generadas por uso de energía, es decir, donde se dispusiera el total de residuos sólidos aprovechables del año 2020 en un relleno sanitario, emitirían a la atmósfera una cantidad igual de GEI que el uso de energía. Es fundamental llevar un control, seguimiento e implementación de diferentes políticas que permitan generar una cultura de separación, reutilización, reciclaje y aprovechamiento de todos los subproductos considerados residuos sólidos en los procesos industriales.

La empresa analizada en este estudio es una empresa con una proyección a futuro prometedora, y con la capacidad de gestionar adecuadamente todos sus impactos, dado su conocimiento de su entorno, proceso productivo, y las nuevas alternativas que se están dando en la actualidad y las cuales pueden ser más sustentables en el tiempo; la voluntad de sus dirigentes es el primer paso para la implementación de políticas que mejoren su relación con el medio ambiente, y que al desarrollo de este trabajo fue evidenciable la disponibilidad y el compromiso de los diferentes actores de contribuir y mejorar sus procesos.

12. Recomendaciones

Para gestionar los impactos asociados a la HC, se recomienda emplear estrategias enfocadas en la reducción de la cantidad de residuos generados y materias primas utilizadas mediante la sensibilización y la optimización operacional, además, se recomienda incentivar el uso de fuentes alternativas como la energía en medios de transporte, ya que hay viabilidad para la adquisición de camiones de transporte eléctricos, así como la implementación de planes de Movilidad Empresarial Sostenible – Planes MES, propiciando opciones de movilización sostenible para los colaboradores; por otro lado se recomienda iniciar con metodologías de economía circular e implementación de artículos sostenibles, que mitiguen el impacto del ciclo de vida de todos los productos generados.

Adicionalmente, Para el mejoramiento del cálculo de la HC, y la actividad desarrollada por la empresa se recomienda llevar bases de datos actualizadas de residuos sólidos, consumo de energía y combustibles fósiles, datos de obtención de materias primas como origen, procesamiento y transformación, forma de obtención, transporte y otros; y tener la disposición organizacional y administrativa de gestionar este cálculo anualmente para identificar y mejorar las posibles problemáticas, ineficiencias, y pérdidas que puede tener la empresa y que la hacen menos amigable con el medio ambiente. Es importante fomentar el consumo sostenible, la utilización de materias primas recicladas, la gestión integral de residuos, la gestión ambiental de sus impactos, entre otros, que garantizan el menor impacto, en este caso, para la calidad del aire y las emisiones de GEI.

13. Referencias

- AMVA. (2006). *Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá*. . Medellín: AMVA.
- AMVA. (2007). *Pacto por la calidad del aire en el Valle de Aburrá*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Paginas/Gestion-integral/Pacto-por-el-aire-2007.aspx>
- AMVA. (2008). *Guía para el manejo integral de residuos, sector textil, confección, telas y vestuario*. Medellín : Universidad Pontificia Bolivariana.
- Fundación Natura Colombia. (2019). – *Mecanismo para la mitigación voluntaria de gases de efecto invernadero en Colombia*,. Obtenido de <https://natura.org.co/tematicas/desarrollo-humano-y-sectorial-con-enfoque-de-sostenibilidad,ejecutados-desarrollo-humano-y-sectorial-con-enfoque-de-sostenibilidad/mvc-mecanismo-de-mitigacion-voluntaria-de-gases-efecto-invernadero-en-colombia/>
- GHG Protocol. (2005). *A Corporate Accounting and Reporting Standard*.
- Hadad, K. (2016). *Análisis de compensación de emisiones de CO2 por medio de un proyecto de reciclaje de Pet en ENKA de Colombia*. Medellín: Universidad Eafit.
- Hernández, P. (2019).). *Formulación de Estrategias de Producción y Consumo Sostenible en la Industria Textil, Basadas en el Cálculo de Huella de Agua y Huella de Carbono en la Empresa Stop S.A.S*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- IHOBE S.A. (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*. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco.
- IPCC. (2007). *Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. . Switzerland: Core Writing Team, Pachauri,R.K and Reisinger, A.
- Márquez, C. (2020). *Protocolo para el almacenamiento de datos necesarios para calcular la huella de carbono corporativa según el GHG Protocol*. GHG Protocol.

Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector textil.

- MinEnergía. (21 de Marzo de 2019). *Agua, fuente de energía*. Obtenido de Agua, fuente de energía: <https://www.minenergia.gov.co/historico-de-noticias?idNoticia=24094573>
- Morales, R. E. (2018). *Huella de Carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la Norma ISO 14064-1: 2006, en el Centro de Producción "Productos Unión"*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Sentená, M. A. (2021). *Huella Ecológica del sector Textil-Confección en Colombia para el año 2018*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Torres Alvarez, N. E. (2020). *Huella de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas para la toma de decisiones frente al aprovechamiento de residuos sólidos en una empresa del sector Textil*. Medellín.
- Varón, M., Osorio, J., & Morales, T. (2021). Carbon footprint of a university campus from Colombia. . *Carbon Management*, 93-107.