

**PROPUESTA PARA LA MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA
EMPRESA DE LAS ARTES GRÁFICAS EN BOGOTÁ**

ESTEFANNY BENAVIDES CONTRERAS

VIVIANA FERNANDA VELANDIA BETANCOURT

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA COMPETITIVIDAD**

DIRECTOR

JUAN CAMILO CELY GARZÓN INGENIERO QUÍMICO

CODIRECTOR

ÓSCAR LIBARDO LOMBANA CHARFUELÁN INGENIERO QUÍMICO

MSC. ING. AMBIENTAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA COMPETITIVIDAD

BOGOTÁ D.C

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. febrero de 2024

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario general

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano De La Facultad De Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora del Programa

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

A mis padres, que han hecho posible todo lo que he conseguido en la vida y a Dios que me ha permitido llegar hasta este punto en mi vida profesional.

Viviana Velandia

A mis padres, a mis hermanas y amigas, que me han apoyado emocionalmente para no desfallecer y poder culminar esta etapa de mi vida con éxito.

Estefany Benavides.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a la empresa donde se llevó a cabo la investigación, quien confió en la investigación y nos suministró los datos necesarios para poder culminar con el proyecto. Del mismo modo, a la Universidad quien nos contribuyó con docentes que fueron de gran importancia para el avance y finalización del proyecto.

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida. Agradezco también el apoyo brindado por parte de mis familiares y amigos, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, lealtad y han celebrado mis triunfos como propios.

Estefanny Benavides

Primeramente, agradezco a mis padres quienes me brindaron su apoyo para poder cumplir con cada de los objetivos personales y académicos que me he propuesto, y son quienes me enseñaron a enfrentar los días difíciles pese a las adversidades que se presenten; también por brindarme su respaldo para poder culminar mis estudios y no abandonarlos.

Viviana Velandia

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2. MARCO DE REFERENCIA	21
2.1 Marco geográfico	21
2.2 Marco normativo	22
2.2.1 <i>Marco internacional y nacional referente al cambio climático</i>	22
2.3 Estado del arte	31
2.3.1 <i>Nacional</i>	31
2.3.2 <i>Internacional</i>	39
2.4 Marco teórico conceptual	49
2.4.1 <i>Contextualización para estimación de huella de carbono</i>	49
2.4.2 <i>Contextualización de las metodologías para la estimación de la huella de carbono</i>	50
2.4.3 <i>Generalidades de las artes gráficas</i>	53
3. METODOLOGÍA	56
3.1 Metodología por etapas	56
3.1.1 <i>Etapa 1: identificar las fuentes de emisiones para la estimación de la huella de carbono</i>	56
3.1.2 <i>Etapa 2: cálculo de la huella de carbono</i>	57
3.1.3 <i>Etapa 3: priorización de alternativas</i>	65
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	68
4.1 Etapa 1. Identificar las fuentes de emisión para la estimación de la huella de carbono	68

4.1.1	<i>Datos generales de la empresa</i>	68
4.1.2	<i>Procesos operacionales</i>	71
4.1.3	<i>Información adicional</i>	72
4.1.4	<i>Clasificación de actividades por alcance</i>	73
4.2	Etapa 2: cálculo de la huella de carbono	78
4.2.1	<i>Alcance 1</i>	86
4.2.2	<i>Alcance 2</i>	94
4.2.3	<i>Alcance 3</i>	98
4.2.4	<i>Consolidación de alcance por años</i>	117
4.2.5	<i>Indicador (kg CO₂/m²)</i>	121
4.3	Etapa 3: Priorización de alternativas aplicables	121
4.3.1	<i>Sensores de movimiento</i>	122
4.3.2	<i>Implementación de paneles solares</i>	123
4.3.3	<i>Inspección termográfica</i>	128
4.3.4	<i>Cambio de extintores Solkaflam</i>	130
5.	CÁLCULOS DE FACTORES DE EMISIÓN	135
5.1	Residuos industriales incinerados	135
5.2	Residuos hospitalarios incinerados	138
6.	CONCLUSIONES	142
	REFERENCIAS	144
	GLOSARIO	163
	ANEXOS	164

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Localización del área de estudio</i>	21
Figura 2 <i>Marco Normativo Internacional</i>	23
Figura 3 <i>Marco Normativo Nacional</i>	24
Figura 4 <i>Alcances Definidos por GHG Protocol</i>	51
Figura 5 <i>Proceso de Impresión Flexográfica</i>	54
Figura 6 <i>Proceso de Impresión Offset</i>	55
Figura 7 <i>Revisión Bibliográfica</i>	66
Figura 8 <i>Datos de la Empresa de Artes Gráficas</i>	68
Figura 9 <i>Planos primer piso – Empresa de Artes Gráficas</i>	69
Figura 10 <i>Planos segundo piso - Empresa de Artes Gráficas</i>	70
Figura 11 <i>Líneas de Producción de Empresa de Artes Gráficas</i>	71
Figura 12 <i>Diagrama de Flujo de Producción Flexografía</i>	71
Figura 13 <i>Diagrama de Flujo de Producción Offset</i>	72
Figura 14 <i>Diagnóstico de las Fuentes de Emisión de la Empresa</i>	73
Figura 15 <i>Caldera de una Potencia de 40 (bhp- Brake Horsepower)</i>	74
Figura 16 <i>Estufa Área Administrativa</i>	75
Figura 17 <i>Montacargas - Área Operacional</i>	75
Figura 18 <i>Equipos Asociados al Consumo de Energía Eléctrica</i>	76
Figura 19 <i>Fuentes de Emisión, Alcance 3</i>	77
Figura 20 <i>Diagrama de Caja y Bigotes en el Primer Semestre Empresa de Artes Gráficas</i>	79
Figura 21 <i>Diagrama de Caja y Bigotes en el Segundo Semestre Empresa de Artes Gráficas</i>	80
Figura 22 <i>Fuentes de Emisión tenidas en cuenta en la Estimación de CO2</i>	83
Figura 23 <i>Proceso de Combustión – Caldera</i>	87
Figura 24 <i>Consumo de Combustible de Fuentes Fijas Año 2020-2022</i>	88
Figura 25 <i>Huella de Carbono del Consumo de Energía Eléctrica por Años vs. Producción</i>	95
Figura 26 <i>Huella de Carbono del Consumo de Energía Eléctrica por Áreas (2020-2021-2022)</i>	96
Figura 27 <i>Consumo de Energía eléctrica por Proceso. Tomado de Empresa de Artes Gráficas (2018)</i>	98

Figura 28 <i>Emisiones Recarga de Extintores (2020-2022)</i>	100
Figura 29 <i>Emisiones de CO₂eq por Consumo de Agua Potable (por área)</i>	103
Figura 30 <i>Emisiones por Viajes Años 2020, 2021 y 2022</i>	116
Figura 31 <i>Consolidado de Emisiones Alcance 3</i>	116
Figura 32 <i>Distribución de la Huella de Carbono por Alcances de los años 2020, 2021 y 2022</i>	117
Figura 33 <i>Huella de carbono HdC- Año 2020</i>	118
Figura 34 <i>Huella de carbono HdC- Año 2021</i>	119
Figura 35 <i>Huella de Carbono HdC- Año 2022</i>	120
Figura 36 <i>Cubierta Empresa de Estudio</i>	124
Figura 37 <i>Número de Proyectos Registrados ante la UPME</i>	125
Figura 38 <i>Número de Proyectos Registrados ante la UPME en el Departamento de Cundinamarca</i>	126
Figura 39 <i>Compresor de Aire</i>	167
Figura 40 <i>Maquina Descartonadora</i>	167
Figura 41 <i>Compactadora de Reciclaje</i>	168
Figura 42 <i>Máquina Descartonadora</i>	168
Figura 43 <i>Almacenamiento de Residuos Líquidos</i>	169
Figura 44 <i>Máquina Barnizadora UV</i>	169
Figura 45 <i>Subestación Eléctrica</i>	170
Figura 46 <i>Máquina Corrugadora</i>	170
Figura 47 <i>Sistema de Control de Vectores</i>	171
Figura 48 <i>Máquina Colaminadora</i>	171
Figura 49 <i>Máquina de Ristras</i>	172
Figura 50 <i>Ascensor de Carga</i>	172
Figura 51 <i>Extintores</i>	173
Figura 52 <i>Sistemas de Lavamanos</i>	173
Figura 53 <i>Impresoras y Plotter</i>	174
Figura 54 <i>Iluminación</i>	174
Figura 55 <i>Maquinaria Caladora</i>	175
Figura 56 <i>Mezcladora de pinturas</i>	175
Figura 57 <i>Máquina de Pegante Caliente</i>	176

Figura 58 <i>Máquina de Impresión Flexográfica</i>	176
Figura 59 <i>Ventilador</i>	177
Figura 60 <i>Máquina de Corte CNC</i>	177
Figura 61 <i>Almacenamiento de Cilindros de Gas Propano</i>	178
Figura 62 <i>Esmeril</i>	178
Figura 63 <i>Dispensador de Agua</i>	179
Figura 64 <i>Balanza</i>	179
Figura 65 <i>Sensor de Movimiento en Escaleras Segundo Piso por Corrugado</i>	180
Figura 66 <i>Sensor de Movimiento en Pasillo Máquina de Ristras</i>	180
Figura 67 <i>Sensor de Movimiento en Pasillo Tintas – Terminados</i>	181
Figura 68 <i>Sensor de Movimiento en Ascensor Primer Piso</i>	181
Figura 69 <i>Sensor de Movimiento en Cuarto de Respel</i>	182
Figura 70 <i>Sensor de Movimiento en Oficina de Producción</i>	182
Figura 71 <i>Sensor de movimiento en oficina</i>	183
Figura 72 <i>Sensor de movimiento en cuarto de lavado de flexografía</i>	183
Figura 73 <i>Sensor de movimiento en oficina de supervisor de flexografía</i>	184
Figura 74 <i>Sensor de Movimiento en Baños Hombres</i>	184
Figura 75 <i>Sensor de Movimiento en Baños Mujeres</i>	185
Figura 76 <i>Sensor de Movimiento en Pasillo Lockers</i>	185
Figura 77 <i>Sensor de Movimiento en Lockers Hombres</i>	186
Figura 78 <i>Sensor de Movimiento en Lockers Mujeres</i>	186
Figura 79 <i>Sensor de Movimiento en Pasillo – Entrada</i>	187
Figura 80 <i>Sensor de Movimiento en Pasillo Taller y Troqueles</i>	187
Figura 81 <i>Sensor de Movimiento en Bodega de Troqueles</i>	188
Figura 82 <i>Sensor de Movimiento en Ascensor 2 Piso</i>	188
Figura 83 <i>Sensor de Movimiento en Bodega detrás de Taller</i>	189

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Potenciales de Calentamiento Global</i>	52
Tabla 2 <i>Factores de Emisión de Consumo de Energía Eléctrica</i>	59
Tabla 3 <i>Potenciales de Calentamiento por Tipos de Extintores</i>	64
Tabla 4 <i>Factores de emisión</i>	64
Tabla 5 <i>Matriz PUGH</i>	67
Tabla 6 <i>Escala de Calificación</i>	67
Tabla 7 <i>Producción de la Empresa de Artes Gráficas (m2)</i>	78
Tabla 8 <i>Clientes del año 2021 y 2022 de la Empresa de Artes Gráficas</i>	81
Tabla 9 <i>Porcentaje de Clientes Retirados y Nuevos (2022) Empresa de Artes Gráficas</i>	82
Tabla 10 <i>Relación de Viajes y Emisiones de CO₂eq de los Años 2020, 2021 y 2022</i>	84
Tabla 11 <i>Total, Emisiones de Fuentes Fijas</i>	90
Tabla 12 <i>Consumo de Combustible de Fuentes Móviles Año 2020-2022</i>	91
Tabla 13 <i>Total, Emisiones de Alcance 1</i>	93
Tabla 14 <i>Consumo de Energía y Emisiones de CO₂eq. de cada uno de los Años (2020 - 2022)</i>	94
Tabla 15 <i>Participación Sectorial dentro de la Demanda MNR</i>	97
Tabla 16 <i>Recarga y Emisiones por el Uso de Extintores</i>	99
Tabla 17 <i>Consolidado de Emisiones Extintores</i>	101
Tabla 18 <i>Emisiones de CO₂eq por el Consumo de Agua Potable</i>	102
Tabla 19 <i>Consolidado Emisiones de CO₂eq, por el Consumo de Agua Potable</i>	104
Tabla 20 <i>Sustratos Usados en la Producción</i>	105
Tabla 21 <i>Generación de Residuos para el Año 2020</i>	107
Tabla 22 <i>Generación de Residuos para el Año 2021</i>	109
Tabla 23 <i>Generación de Residuos para el Año 2022</i>	110
Tabla 24 <i>Tratamiento según Tipo de Residuo</i>	111
Tabla 25 <i>Emisiones de CO₂eq por Disposición de Residuos (2020)</i>	112
Tabla 26 <i>Emisiones de CO₂eq por Disposición de Residuos (2021)</i>	112
Tabla 27 <i>Emisiones de CO₂eq por Disposición de Residuos (2022)</i>	113
Tabla 28 <i>Emisiones por Viajes</i>	114

Tabla 29 <i>Resultado de Emisiones por Viajes año 2020,2021 y 2022</i>	115
Tabla 30 <i>Indicador por años kg CO₂/m²</i>	121
Tabla 31 <i>Inversión para la Implementación de Paneles Solares</i>	127
Tabla 32 <i>Inversión para el Cambio de Extintores Solkaflam</i>	131
Tabla 33 <i>Reducción por alternativa</i>	132
Tabla 34 <i>Aplicación de Matriz PUGH</i>	132
Tabla 35 <i>Compensación por Años</i>	133
Tabla 36 <i>Compensación (ha) por Año</i>	134
Tabla 37 <i>Valores por Defecto para Contenidos de DOC y Carbono Fósil en Desechos Industriales (en Porcentajes de Desechos Húmedos Producidos)</i>	136
Tabla 38 <i>Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO₂ para la Incineración Abierta de Desechos</i>	137
Tabla 39 <i>Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO₂ para la Incineración Abierta de Desechos</i>	137
Tabla 40 <i>Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO₂ para la Incineración Abierta de Desechos</i>	138
Tabla 41 <i>Contenidos por Defecto de DOC y Carbono Fósil en otros Desechos (Porcentaje de Desechos Húmedos Generados)</i>	139
Tabla 42 <i>Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO₂ para la Incineración Abierta de Desechos Hospitalarios</i>	140
Tabla 43 <i>Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO₂ para la Incineración Abierta de Desechos Hospitalarios</i>	141

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se fundamentó en la propuesta de alternativas que proporcionaran una reducción a la huella de carbono calculada inicialmente, midiendo las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq.), en los procesos administrativos y productivos de una empresa del sector de las artes gráficas. La metodología utilizada fue la establecida por GHG Protocol (por sus siglas en inglés); obteniendo como resultado que el alcance 2 es el que representó mayores emisiones de CO₂eq durante dos (2) de los tres (3) años de análisis, más específicamente se encontraron los siguientes resultados. En el 2020 el alcance 2 generó una contribución del 65 % responsable de la emisión de 203.750 kg CO₂eq; en el 2021 alcance 2 con una contribución del 53 % (140.136 kg CO₂eq), y, por último, en el 2021 el alcance 1 con 55% correspondiente a 168.017 kg CO₂eq emitidos. Por lo anterior, las alternativas estructuradas para contribuir en la reducción de huella de carbono, se propone (1) ampliar sistema de sensores de movimiento, (2) instalación de paneles solares, (3) inspecciones termográficas, lo anterior, orientado a reducir las emisiones provenientes del consumo de energía y consumo de combustible fósiles, siendo estas las que se identifica como mayores fuentes de emisión de CO₂eq.

Palabras clave

Gases de efecto invernadero, IPCC, manufactura, procesos de flexográfica, huella de carbono, alcances, carbono neutralidad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad gran parte de la población hace uso de distintos recursos que son extraídos de manera masiva, lo que, por supuesto, trae consigo diversas consecuencias, todas con un hilo común. En este escenario, la industria juega un papel fundamental, debido a que es la encargada de la producción de un sinnúmero de artefactos que origina presión sobre los ecosistemas provocando impactos negativos, que se logra identificar en hechos como la “generación de aguas residuales, emisión de gases, generación de ruido y residuos sólidos” (Villalobos-González et al., 2021) entre otros. Según La Asociación Colombiana de la Industria de la Comunicación Gráfica (ANDIGAF), este sector se dedica a la impresión de material publicitario, comercial y editorial, además de periódicos, revistas, empaques y etiquetas o comúnmente conocida como industria de artes gráficas, representa el 5.5 % en la participación de la producción bruta de la industria manufacturera y un 0.65% del producto interno bruto (ANDIGAF, 2020). Además de ello, conforme al informe sectorial de la economía española para el 2030 la demanda mundial de papel y cartón crecerá hasta los 490 millones de toneladas (CESCE, 2019).

Dentro de los segmentos que integran la industria gráfica se encuentra la impresión, donde existen diversas tecnologías como la flexografía, offset, digital, impresión textil y sublimación, impresión 3D, rotograbado, serigrafía, litografía y tipografía (ANDIGAF, 2020); como resultado de varios de los procesos mencionados, se originan aguas residuales que se caracterizan por tener altas demandas químicas de oxígeno (DQO), permanencia de color y sólidos suspendidos totales (SST)” (Prica et al., 2016); lo cual produce un índice de biodegradabilidad bajo (DBO5/DQO menor a 0.30), toxicidad mayor al 90 por ciento y alta concentración de materia orgánica (mayor a los 1000 mg/L) (Torresano, 2017). Por otro lado, en los residuos resultantes se clasifican los reciclables, no aprovechables, peligrosos y de manejo especial, encontrándose restos de papel y cartón, trapos de limpieza con disolvente y tinta, planchas utilizadas o defectuosas, contenedores vacíos de disolventes, cartuchos de tinta y tóner, plástico de empaque dañado, entre otros (Torresano, 2017).

La industria gráfica como flujo industrial está en la obligación de evaluar su impacto ambiental con la finalidad de identificar los principales efectos, y de esta manera implementar medidas preventivas, correctivas y/o de compensación. Es por ello que la industria ha puesto en mira la aplicación de la Huella de Carbono (HdC) como indicador que permita medir su impacto

ambiental, ya que es mediante este que se han obtenido la implementación de alternativas como la impresión digital ecológica que tiene como finalidad minimizar el impacto ecológico en la fabricación de sus productos, empleando acciones como el “reciclaje de las tintas, reciclaje del sobrante de los materiales, usando tintas libres de VOC’s (componentes volátiles orgánicos), gestionando responsablemente los residuos químicos y empleamos soportes de impresión sostenibles, reciclables y sin elementos biodegradables ni PVC” (SABATÉ,2015).

Es menester mencionar que el cambio climático se ha convertido en un reto a nivel mundial, puesto que en la actualidad representa un riesgo para la seguridad y como detonador de conflictos sociales derivado de la disponibilidad de recursos (Camarena Juárez, 2017). De esta manera, el siguiente trabajo pretende presentar, como investigación preliminar, la estimación de la huella de carbono en el sector de las Artes Gráficas a través de un estudio de caso en una empresa de artes gráficas como punto de partida de implementación de estrategias y alternativas de mitigación que logren ser replicadas a las diferentes empresas pertenecientes al sector de las artes gráficas.

La estructuración del documento, inicia con el resumen, seguido de la introducción, posteriormente se encuentra la sección donde se que expone el objetivo general y los específicos, seguido de ello, el primer capítulo del planteamiento de la problemática actual de la industria de las artes gráficas y su importancia de medición de HdC, después se encuentra el capítulo 2 donde se establece el marco de referencia, el cual se compone de marco geográfico, normativo, estado del arte y marco teórico-conceptual. En el capítulo 3 se encuentra la metodología utilizada en cada uno de los objetivos planteados; en el capítulo 4 se encuentra los resultados y análisis discriminados por objetivo, en el capítulo 5 se establecen las conclusiones del proyecto, capítulo 6 las recomendaciones identificadas durante el desarrollo y culminación del proyecto, seguido de anexos donde se muestra el formato utilizado para el levantamiento de información y registro fotográfico y por último, las referencias utilizadas a lo largo de la construcción de la presente investigación.

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer una propuesta para la mitigación de la huella de carbono con potencial aplicación en una empresa del sector de las artes gráficas.

Objetivos específicos

- Identificar las fuentes de emisión para la estimación de la huella de carbono.
- Calcular la huella de carbono generada por los procesos productivos y administrativos de la empresa.
- Priorizar las alternativas aplicables a la empresa en estudio para la disminución de la huella de carbono de acuerdo con criterios técnicos, económicos y ambientales.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los volúmenes de gases de efecto invernadero (GEI) que se generan y se desplazan por la atmósfera, sobrecalentando el planeta, son, sencillamente, abrumadores; como bien lo menciona la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), quien asegura que “la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera se situó en 414.7 partes por millón (ppm) en 2021, 2.3 ppm más que en 2020” (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022). Lo anterior, que el cambio climático se ha considerado una problemática de alta prioridad para distintas naciones en el mundo que se han empeñado en entender cuáles son los motivos que han generado el aumento considerable de fenómenos climáticos que generan graves afectaciones, ya sean en ecosistemas naturales o centros urbanos y que a su vez ponen en riesgo la vida de diversas especies, como lo menciona el Panel Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) en su informe especial sobre el calentamiento global de 1,5 °C donde indica que “el cambio climático ya está afectando a las personas, los ecosistemas y los medios de vida de todo el mundo” (IPCC, 2019), afirmándose que al año en el mundo ocurrirán 250.000 muertes adicionales como efecto del cambio climático desde el año 2030 en adelante por factores como el estrés por calor, desnutrición, dengue y malaria (OPS,2023).

En contraste con lo anterior, en el quinto informe de evaluación de cambio climático publicado por el IPCC afirma que el sector industrial genera una contribución de 21% de las emisiones totales a nivel mundial, correspondientes a emitir 10.9 Gt de CO₂, de esta misma forma, asegura que el impacto que conlleva la problemática se ve reflejado en cada uno de los campos del triple balance (social, económico y ambiental).

A nivel social, Hallegatte et.al (2016) establece que en los siguientes años el cambio climático será responsable de llevar a 100 millones de personas a la pobreza, producto de la baja capacidad de respuesta frente a los daños ocasionados por las catástrofes naturales, agravando la desigualdad social, producto de los shocks climáticos donde habitualmente los pobres son quienes pierden mayor parte de sus riquezas (Hoffmann, 2021). En el contexto ambiental, los ecosistemas reflejan la influencia del cambio climático, denotado en la frecuencia de acontecimientos como incendios, deshielo, subida del nivel del mar, desertización, aumento de temperatura y fenómenos meteorológicos extremos (Greenpeace, 2024), que conforme al documento desarrollado por la

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) se proyecta un aumento, escalonándose a convertirse en el periodo más cálido reportado desde el 1850.

En términos de economía, la organización internacional Cristian Aid en su informe anual menciona que los 10 mayores sucesos vinculados con el cambio climático (Ejemplo: huracán Ida, inundaciones, tormentas, ciclones, tifones, frío primaveral) incidieron con la economía, produciendo pérdidas de hasta 151.000 millones de euros en el 2021 ocasionadas por destrucción de infraestructura, perdidas de cosecha, fallecimientos y desplazamientos forzados, definiéndose en esta ciencia como una externalidad negativa global (Stern, 2007). Lo anterior, se enlaza con asuntos políticos, dado que se requiere de un trabajo conjunto desde el sector privado y público para la elaboración e implementación de instrumentos, incentivos económicos, reglamentación y modificaciones institucionales y tecnologías (CEPAL, 2015) que permitan tener en cuenta al cambio climático como pilar fundamental en la toma de decisiones.

Así pues, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre cambio climático (COP 21), estableció el Acuerdo de París, con unos objetivos a largo plazo que sirven de guía para las naciones, entre los cuales está: “mantener la temperatura promedio del planeta por debajo de los 2°C” a lo cual Colombia establece la reducción en un 51% de las emisiones de CO₂ para 2030 y carbono neutralidad para el 2050 (Naciones Unidas, 2022). Así, este Acuerdo consiste en que los países establezcan un Plan Nacional De Acción Climática mediante el cual se comunica las medidas que se tomarán para reducir las emisiones de GEI y que apunten a alcanzar los objetivos del Acuerdo de París; por ende, realizar esfuerzos de mitigación aplicados desde industrias particulares, en este caso pertenecientes al sector de las Artes Gráficas, y que estén en concordancia con la normativa expedida por las entidades medioambientales puede ser un aporte, que desde la academia y la misma empresa, se puede realizar no solo para cumplir estos acuerdos globales, sino también, para optimizar los procesos industriales al interior de la misma organización en términos de eficiencia.

Con esto en mente, es importante entender que la difusión y publicación de estas iniciativas, y sus eventuales incentivos, puede ser un factor de interés para una aplicación de estrategias, de manera masiva, en la industria nacional, por lo que es necesario sensibilizar al sector industrial para entender no solo los efectos nocivos que tiene la no aplicación de estrategias de mitigación en estos contextos industriales, sino también, para ampliar la investigación y documentación respectiva y

entender así los efectos de GEI en esta industria en particular y también cuáles son las estrategias de mitigación y optimización de procesos más eficientes.

Teniendo en cuenta que la emisión de un gas, como el dióxido de carbono influye de manera directa en la salud de distintas comunidades y centros urbanos; la mitigación y tratamiento es ahora una tarea de múltiples organizaciones y estados a nivel mundial, por lo que nuestro país debe no solamente generar estrategias efectivas para su tratamiento y eventual decrecimiento, sino también incrementar el corpus investigativo sobre esta materia, para de esta manera, tomar decisiones y estrategias más acertadas.

En consecuencia, con lo mencionado, la presente investigación plateó la pregunta de investigación ¿Cómo mitigar/reducir la huella de carbono en una empresa mediana de artes gráficas?, con el objetivo de proporcionar a la industria en mención, un primer acercamiento de lo que sería el análisis del indicador ambiental (HdC) en los procesos productivos del sector.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco geográfico

La empresa, objeto de estudio, es una organización privada dedicada a la producción de cajas plegadizas, microcorrugadas y etiquetas para productos de consumo masivo en Colombia.

Actualmente, la organización cuenta con una única sede ubicada en la ciudad de Bogotá, en la KR 89A #64C-53 Sector de Álamos Industrial, ver Figura 1; en dicha instalación funciona la parte administrativa y de producción.

Figura 1

Localización del área de estudio



Nota. Descripción geográfica de la zona donde se encuentra ubicada la empresa bajo estudio del sector de las artes gráficas.

La empresa bajo estudio se encuentra ubicada en la localidad de Engativá, que se encuentra constituida por nueve Unidades de Planeación Zonal (UPZ), entre ellas, la UPZ 116 Álamos; esta

unidad cuenta con un área útil de 1'118.302 - 111,8 Ha, un espacio público de 108.773 - 10,8 Ha, una población (habitantes) de 13.005 (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019) correspondiente de ser menos densa, dado su naturaleza industrial (Alcaldía de Engativá, 2021). Conforme a información suministrada por capas de coberturas de tierra, se logra evidenciar que la empresa se encuentra ubicado en un nivel 1 de territorios artificializados, en un nivel 2 de zonas industriales o comerciales y redes de comunicación, y en un nivel 3 de zonas industriales o comerciales (IDEAM, 2018).

La organización lleva aproximadamente 73 años en el mercado de las artes gráficas, suministrando productos de alta calidad (cajas plegadizas/Etiquetas) al sector de medicamentos, alimentos, licores y cuidado personal.

En cuanto la producción, la empresa objeto de estudio para el año 2022 presento una producción promedio de 1.804.468 metros cuadrados.

2.2 Marco normativo

2.2.1 Marco internacional y nacional referente al cambio climático

Debido a la preocupación por la evolución de cambio climático, se ha hecho necesario la implementación de estrategias y normatividad a nivel internacional y nacional para el control de los gases de efecto invernadero (GEI) producidos por las actividades económicas y cotidianas de la humanidad, en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* y en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* se relaciona la normatividad internacional y nacional respectivamente:

2.2.1.a Internacional. La problemática ambiental de cambio climático entra en vigor en el año de 1992 cuando se firma el primer acuerdo internacional denominado “Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático-CMNUC” y es a partir de entonces que dicha problemática es tomada en cuenta en la emisión de nueva normatividad, en la Figura 2, se relacionan la normatividad:

Figura 2*Marco Normativo Internacional*

Acto normativo	Descripción	Aspectos a considerar
Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático- CMNUCC- de 1992	Artículo 2. “La estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible” (Naciones Unidas, 1992)	Por primera vez se reconoce que el cambio climático está siendo alterado por factores antrópicos y por las actividades económicas de los países.
Protocolo de Kioto (1997-2005)	Artículo 2. Cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones. (Naciones Unidas, 1998)	Varios países se comprometieron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, entre ellos Colombia.
El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) 2001	Es una herramienta utilizada para calcular y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero (World Resources Institute & SEMARNAT, 2006).	Permite calcular a las organizaciones las emisiones de gases de efecto invernadero

Acuerdo de París 2015	Artículo 2. Literal “a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático” (Naciones Unidas, 2015)	En este acuerdo los países se comprometen a contribuir para mantener la temperatura por debajo de los 2 °C, entre ellos Colombia.
NTC ISO 14064-1 2020	Gases de efecto invernadero — Part 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (ISO, 2018).	Guía Técnica que establece lineamientos para que las organizaciones calculen las emisiones de gases de efecto invernadero, norma auditable que acredita y garantiza los cálculos de las emisiones.

Nota. Consolidado de la normativa internacional relacionada con el cambio climático

2.2.1.b Nacional. A continuación, en el Figura 3, se presenta el resumen de los avances normativos que ha desarrollado Colombia en relación con el cambio climático:

Figura 3

Marco Normativo Nacional

Norma	Descripción	Relevancia
Constitución de 1991	Con el fin de fortalecer la unidad de la Nación y asegurar a sus integrantes la vida, la convivencia, el trabajo, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político,	En el Artículo 79 se establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Y del mismo modo, es responsabilidad del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar

	<p>económico y social justo, y comprometido a impulsar la integración de la comunidad latinoamericana decreta, sanciona y promulga la constitución (Congreso de la República, 1991).</p>	<p>las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación.</p>
<p>Ley 164 de 1994</p>	<p>“Por medio de la cual se aprueba la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992” (Congreso de Colombia, 1994).</p>	<p>Colombia reglamenta la necesidad de contribuir a la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.</p>
<p>Ley 629 de 2000</p>	<p>“Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997” (Congreso de Colombia, 2000).</p>	<p>Colombia reitera su compromiso con el protocolo de Kioto.</p>
<p>Resolución 2733 de 2010</p>	<p>“Por la cual se adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país, se establece el procedimiento para la aprobación nacional de programas de actividades (PoA- por sus siglas en inglés) bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y se reglamenta la autorización de las entidades coordinadoras” (Ministerio de</p>	<p>Implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio en pro de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.</p>

Resolución 2734 de 2010	“Procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio– MDL” (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo & Territorial, 2010).	Esta norma es de aplicabilidad en la Industria donde se establecen proyectos enfocados en MDL, garantizando que los proyectos cumplan con los estándares establecidos y contribuyan a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global.
Ley 1549 de 2012 (Política Nacional de Educación Ambiental)	“Por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial” (Congreso de la República, 2012).	En el artículo 2 se establece el acceso a la educación ambiental, en donde se menciona que todas personas tienen el derecho y la responsabilidad de participar en procesos de educación ambiental.
Decreto 298 de 2016	“Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones” (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2016).	El decreto establece el Sistema Nacional de Cambio Climático SISCLIMA, con el fin de coordinar, formular, hacer seguimiento y evaluar las políticas, estrategias, planes, programas, proyectos y acciones en la adaptación al cambio climático y de mitigación de gases efecto invernadero.
Conpes 3700 de 2011	“Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia” (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2011).	Colombia establece la importancia de estar preparado para afrontar los retos en materia de cambio climático y contribuir a las iniciativas internacionales de reducción de emisiones de GEI.
Decreto 596 de 2011	"Por medio del cual se adopta la Política Distrital de Salud Ambiental	Esta norma busca mejorar las condiciones sanitarias y

	para Bogotá, D.C. 2011- 2023." (Decreto 596, 2011).	socioambientales que determinan la calidad de vida y la salud de los/as habitantes del Distrito Capital, mediante la implementación de ocho (8) líneas de intervención, la séptima línea de intervención es sobre el cambio climático, con la cual se busca la mitigación y adaptación a los fenómenos asociados a la variabilidad y cambio climático que se presentan en Bogotá, D. C.
Estrategia colombiana de Desarrollo bajo en carbono (ECDBC) de 2012	“Es un instrumento de planificación de la política nacional de cambio climático, que busca identificar y evaluar escenarios y opciones para la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), contribuyendo a alcanzar las metas propuestas por el país, fortaleciendo de manera paralela el desarrollo económico y social.” (Minambiente, 2013).	Establece una serie de metas y acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia y promover un desarrollo sostenible en el país.
Ley 1523 de 2012	“Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones” (Ley 1523, 2012).	Esta norma establece la adaptación al cambio climático como parte de la gestión de reducción del riesgo de desastres.
Acuerdo 546 de 2013	“Por el cual se transforma el Sistema Distrital de Prevención y Atención de Emergencias -SDPAE-, en el Sistema	Establece los objetivos específicos del Sistema Distrital de Gestión de

	<p>Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático-SDG-CC, se actualizan sus instancias, se crea el Fondo Distrital para la Gestión de Riesgo y Cambio Climático “FONDIGER” y se dictan otras disposiciones” (Acuerdo 546, 2013)</p>	<p>Riesgo y Cambio Climático-SDG-CC.</p>
<p>Ley 1715 de 2014</p>	<p>“Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional” (Ley 1715, 2014).</p>	<p>Esta norma incentiva el uso de fuentes de energía renovables no convencionales con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.</p>
<p>Decreto 172 de 2014</p>	<p>“Por el cual se reglamenta el Acuerdo 546 de 2013, se organizan las instancias de coordinación y orientación del Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático SDG-CC y se definen lineamientos para su funcionamiento” (Decreto 172, 2014).</p>	<p>El Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático SDG-CC, tiene por objeto articular las políticas, recursos, procesos y procedimientos de las entidades públicas y privadas, las comunidades y la ciudadanía en el ámbito de sus competencias, con el propósito común de generar sinergia en los procesos que integran la gestión de riesgos y cambio climático de Bogotá, D.C.</p>
<p>Decreto 298 de 2016</p>	<p>“Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones” (Decreto 298, 2016)</p>	<p>Esta norma establece el SISCLIMA como coordinador, articulador, formulador y de evaluación de las políticas, normas y demás instrumentos de gestión que en materia de adaptación al cambio climático y de mitigación de gases de</p>

		efecto invernadero desarrollen las entidades públicas, privadas y sin ánimo de lucro.
Ley 1844 de 2017	“Por medio de la cual se aprueba el Acuerdo de París Adoptado el 12 de diciembre de 2015” (Congreso de la República, 2018)	Normativa que afirma que Colombia se compromete a asumir medidas para combatir el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
Política Nacional de Cambio Climático de 2017	“Incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera” (Minambiente, 2017).	Esta política es aplicable a la industria al establecer metas y acciones específicas para la reducción de emisiones, la promoción de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética. Las empresas industriales deben ajustarse a estas políticas para contribuir a la mitigación del cambio climático y adaptarse a sus impactos.
Decreto 926 de 2017	“Reglamenta el impuesto nacional al carbono y el mecanismo de no causación del impuesto” (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2017).	Esta norma establece el procedimiento para hacer efectivo la no causación del impuesto de carbono por ser carbono neutro.
Ley 1931 de 2018	“Por la cual se establecen las directrices para la gestión del cambio climático” (Congreso de la República, 2018).	La ley reconoce la importancia y la urgencia de enfrentar el cambio climático, considerando sus impactos negativos en el medio ambiente, la economía, la sociedad y la salud de las personas. Para ello, se procurará la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación a los efectos del cambio

		climático, la promoción de energías renovables y la participación activa de los diferentes sectores de la sociedad en la toma de decisiones y la implementación de acciones climáticas.
Resolución 1447 de 2018	“Reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación a nivel nacional” (Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable, 2018)	Establece las condiciones, criterios y requisitos para los procesos de validación y verificación de las iniciativas de mitigación de los gases de efecto invernadero.
Decreto 837 de 2018	“Por medio del cual se adopta el Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático para Bogotá D.C., 2018-2030 y se dictan otras disposiciones” (Decreto 837, 2018).	Esta norma reglamenta el Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático para Bogotá D.C., 2018-2030.
Ley 1931 de 2018	“Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático” (Ley 1931, 2018).	Establece las directrices y principios que se enmarcan en la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas.
Decreto 446 de 2020	“Reglas aplicables a organismos de verificación de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI)” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2020).	Esta norma regula la verificación de proyectos de carbono enfocados en las reducciones de emisiones o remociones de gases de efecto invernadero se generaron conforme a los lineamientos de la Norma NTC ISO 14064-2 y que los resultados obtenidos se actuaron bajo la norma NTC ISO 14064-3.

Acuerdo 790 de 2020	“Por el cual se declara la emergencia climática en Bogotá D.C., se reconoce esta emergencia como un asunto prioritario de gestión pública, se definen lineamientos para la adaptación, mitigación y resiliencia frente al cambio climático y se dictan otras disposiciones” (Acuerdo 790, 2020).	Esta norma busca reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas, a través del fortalecimiento acciones orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la transición del uso de los combustibles fósiles a energías renovables.
Ley 2169 de 2021	“Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones” (Congreso de Colombia, 2021).	Esta norma en su artículo 16. Establece que el reporte de gases de efecto invernadero será obligatorio para personas jurídicas, públicas, privadas o mixtas, conforme a los criterios que defina el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el fin de elaborar el inventario de GEI a nivel nacional.
Resolución 045 de 2022	“Por medio de la cual se conforma el Grupo Interno de Trabajo sobre Cambio Climático de la Secretaría Distrital de Ambiente, y se adoptan otras determinaciones” (Resolución 045, 2022).	Esta norma establece las dependencias de la Secretaría Distrital de Ambiente que conformaran el Grupo Interno de Trabajo sobre Cambio Climático (GIT- CC).

Nota. Consolidado de las leyes, decretos, resoluciones y políticas a nivel nacional relacionada con el cambio climático

2.3 Estado del arte

2.3.1 Nacional

La medición de la huella de carbono se ha transformado en un indicador que contribuye a comprender la dinámica de los gases de efecto invernadero y su relación con el cambio climático, por ello, las organizaciones de los diferentes sectores productivos y de servicios, lo han incluido como un instrumento de medición para la toma de decisiones en la identificación de rutas de

control, reducción y mitigación de las emisiones; alrededor de este tema se han generado diferentes artículos y tesis, que logran dar a conocer la línea del tiempo de la aplicación del mismo.

Como lo menciona Hernández (2021) la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) ha presentado implicaciones económicas a los diferentes sectores claves de la economía nacional, y es por ello que se hace necesario generar medidas de mitigación de manera urgente en las diferentes industrias. Por otro lado, se describen algunas nociones teóricas para comprender mejor el origen de estas emisiones, las cuales pueden ser de “dos efectos: 1) directos, las emisiones correspondientes a su propio proceso productivo, y 2) indirectos, las realizadas por los procesos productivos de los insumos” (Hernández, 2021,); es importante reconocer esta distinción al momento de generar alternativas de mitigación del impacto negativo.

Con el objetivo de lograr el carbono neutral, las entidades públicas como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Minambiente (2021) ha venido desarrollando estrategias para alcanzar dicho resultado deseado, en donde se establecen 3 programas con los cuales se pretende crear compromisos ambientales que, enfocados en corto, mediano y largo plazo buscan generar alternativas para que las empresas y organizaciones realicen un anclaje, con el fin de gestionar las emisiones y alcanzar el “carbono neutralidad”. Cabe aclarar que esta estrategia se enfoca hacia tres contextos, a saber: territorial, sectorial y empresarial, por lo que las dinámicas de acción varían según el contexto (Minambiente, 2021).

De este modo, el “Programa Nacional de Carbono Neutralidad”, puesto que permite conocer el contexto nacional relacionado con la aplicación de estrategias para la mitigación de GEI que estén acordes con los programas gubernamentales y de esta manera no caer en discrepancias metodológicas. Se resalta, a su vez, que la estrategia presentada por Minambiente (2021) posee un fuerte énfasis pedagógico, debido a que dentro de las temáticas dadas por la diferente distribución de grupos es bastante amplia e interesante para que las organizaciones inicien con el proceso en la medición de la huella de carbono.

Por otro lado, Colombia, en el marco del acuerdo de PARÍS, donde se comprometió a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para el 2030 y ser carbono neutralidad para el año 2050, ha venido realizando estudios para la construcción de la Estrategia Climática que oriente y lideren las acciones para fundar una resiliencia climática.

En torno a este tema se han venido desarrollando investigaciones como la de Mereu et al. (2018) donde se genera información para la identificación de estrategias de descarbonización a largo plazo, el primer resultado obtenido fue identificar que el gas con mayor carga de reducción es el dióxido de carbono (CO₂), por tener más opciones tecnológicas para su reducción con respecto al metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que tienen menos alternativas para su reducción, adicionalmente, refleja que los sectores que mayormente aportan a las emisiones es el sector agrícola y el forestal, sin embargo, afirma que se requieren esfuerzos en todos los sectores y que cualquier estrategia de carbono neutralidad o de descarbonización exige que se controle la deforestación y adopten de manera temprana acciones conducentes a detener el crecimiento de las emisiones de CO₂ del sector energético, este último, sustituyendo la energía convencional por otras fuentes, como es la electricidad renovable a partir de energía solar y eólica, y el uso de biocombustibles, este último pensando en la electrificación de sectores como el transporte (Sociedad de Agricultores de Colombia, 2022)

En concordancia con lo anterior, Mago (2022), indica que desde el año 2005 donde entró en vigor el protocolo de Kioto firmado en 1997, las empresas sin importar el sector, tamaño y localización, han incorporado la variable de carbono en la gestión estratégica, con la finalidad de compensar la huella de carbono, realizar cambios tecnológicos, entrar en el mercado de carbono, y aumentar la eficiencia, por otro lado, en año 2019 en la Revista Gerente (2019) publicó el artículo titulado “Una menor huella de carbono, sello de calidad empresarial”, que va alineando a lo expresado con anterioridad, puesto que este artículo afirma que las organizaciones en Colombia cada vez le apuntan a implementar iniciativas ambientales basadas en un modelo de economía circular, con el fin de reducir la huella de carbono y poder responder a los desafíos del desarrollo sostenible. Es importante resaltar que las organizaciones gubernamentales como el Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible, también alineados a los desafíos del desarrollo sostenible, establecen y lideran la Estrategia Nacional de Economía Circular que promueve el manejo eficiente de recursos como agua y energías no renovables, con acciones encaminadas al aprovechamiento y optimización de los residuos, el reciclaje y la reutilización de diversos materiales, lo cual va directamente relacionado con la reducción de la huella de carbono en las organizaciones.

Según Cano et al. (2022), indica que el primer paso para dar cumplimiento a las metas de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel local, nacional e internacional es que las

Instituciones de Educación Superior evalúen sus emisiones, por tanto, (Cano et al., 2022) calcularon las emisiones generadas por la Universidad Nacional- Sede Medellín, incluyendo los alcances 1, 2 y 3, usando la metodología UNE-ISO 14064-1 y Greenhouse Gas Protocol (GHG), obteniendo como resultado que las mayores fuentes de emisiones son el transporte, generación de aguas residuales, seguido del consumo de energía eléctrica y los correos electrónicos que se envían. Conforme a los resultados obtenidos se indican algunas acciones a implementar, entre ellas; cambio de método de transporte mediante estrategias como la persuasión educativa y el teletrabajo, instalación de estaciones de carga eléctrica para vehículos (automóviles, motocicletas y bicicletas); adicionalmente, se implementó un sistema de energía fotovoltaica, lo cual se considera replicar en las demás sedes de la Universidad. En cuanto a la generación de aguas residuales, (Cano et al., 2022) indica que se busca reducir esta generación mediante el ahorro de agua a través de campañas educativas dirigidas a todo el personal, así mismo, se ha realizado el cambio de grifos y unidades sanitarias convencionales por dispositivo ahorradores, igualmente, la Universidad implementará el cálculo de la huella hídrica verde, azul y gris con el fin de implementar nuevas estrategias.

Finalmente, se indica que se actúan jornadas de siembra de árboles como mecanismo de compensación de la Huella de Carbono.

Orientado al tema de interés se han venido desarrollando trabajos desde diferentes sectores como el hospitalario, educativo, industrial, entre otros, como se describe a continuación.

2.3.1.a Huella De Carbono En El Sector De Artes Gráficas. Rocha (2022) mediante la elaboración de tesis enfocada al sector de artes gráficas realizó la estimación de la huella de carbono energética usando la metodología GHG Protocol. Para el cálculo realizó la recolección de facturas de energía eléctrica de la empresa e identificó la maquinaria utilizada en el proceso de impresión flexográfica. Una vez obtenidos los resultados, se evidenció que la impresora No. 1, que cuenta con una capacidad de producción de 1 ton/día y que genera un gasto energético promedio de 25 kWh genera emisiones de 986,28 kg CO₂eq. Como resultado, se obtuvo una huella carbono total de 3116,64 kg CO₂eq. Conforme a lo anterior, se proponen alternativas que se basan en establecer horarios de operación continua, realizar mantenimientos correctivos y preventivos, considerar una inversión que logre la actualización y mejoramiento de maquinaria y el uso de energías renovables y limpias cuando menos en la iluminación de la planta (Rocha, 2022).

Teniendo en cuenta que el papel es materia prima del sector de las artes gráficas se hace importante mencionar el trabajo llevado a cabo por Canciano et al. (2021), quien se enfocó en determinar la huella de carbono de una industria dedicada al moldeado de celulosa empleado en la producción de bandejas para huevos, y donde se empleó la metodología establecida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático y la Metodología para el cálculo de emisiones y auditoría de gases de efecto invernadero; dentro de los procesos que se analizaron para la HdC se encontró la preparación de la pasta, moldeado, secado, apilado y almacenamiento. Los resultados arrojaron que las mayores emisiones provienen del uso del queroseno usado en el horno donde se produce el secado de las bandejas y del consumo de energía eléctrica, dando una huella total de 0,08 tCO₂ equivalente/unidades de bandejas producidas. Conforme a los resultados obtenidos se sugiere la sustitución del queroseno por el GLP para de esta manera lograr reducir un 50% de la HdC (Canciano et al., 2021).

De igual modo, Sun et al. (2018) desarrollan una investigación que se basa en el análisis del impacto generado en la fabricación de papel, basado en la selección de 45 casos de fabricación de papel y 18 casos de fabricación de pulpa mediante la utilización del metaanálisis de los impactos ambientales del ciclo de vida haciendo referencia a los estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Dicho estudio determina que 1t de papel produce aproximadamente 950 kg de CO₂ en promedio, siendo conformada en un “62% del uso de energía, el 45% de las emisiones de GEI, el 48 % del potencial de acidificación y el 49 % del potencial de eutrofización” (Sun et al., 2018); con respecto a la pulpa, se establecen emisiones de acuerdo a tres tipos de celulosa, el Kraft,

químico-mecánico, y pulpa reciclada con valores de 508 kg CO₂ -eq/t, 513 kg CO₂ -eq/t, 408 kg CO₂-equivalente/t, respectivamente. Por último, afirman que la industria de papel y pulpa es “una de los mayores consumidores de energía, gases de efecto invernadero (GEI) y emisores de contaminantes entre las industrias manufactureras” (Sun et al., 2018).

2.3.1.b Huella de carbono en otros sectores. A nivel industrial, se encuentran investigaciones como la de Aristizábal et al. (2020) que tuvieron como objetivo estimar la huella de carbono de una empresa de Medellín dedicada al proceso de reciclaje de botellas PET. El estudio empleó la ISO 14040-14044 y la ISO 14064 como metodología, estableciendo como alcance de la medición desde que el material es acopiado en la empresa hasta que el mismo es procesado. Una vez llevado a cabo el cálculo se identificó una huella es de 1,4026 CO₂eq/ton, siendo el consumo de energía eléctrica el que más aporta con un 63,32%.

Del mismo modo, Ceballos (2019) se centra en proponer una estrategia de compensación ambiental para ser aplicada en la empresa Maxo S.A.S, dedicada al transporte especializado en carga extrapesada y de difícil manejo (transporte de equipo petrolero y pesado), enfocado en las dinámicas presentadas en el año 2018. Para dicho análisis se hizo uso de la herramienta construida por la Cámara Ambiental Empresarial (CAEM), y la cual dio como resultado que el alcance 1 representó un mayor porcentaje en la huella con un 98%. Como alternativa de compensación para la empresa se establecen estrategias como mercados de emisiones, certificados de carbono y proyectos de compensación de emisiones.

Por otro lado, Guaman (2015) realiza la medición de huella de carbono de los años 2013, 2014 y 2015 en una empresa dedicada a la comercialización de productos para la industria, el taller y el hogar, mediante el uso de la guía metodológica de “Cálculo del Inventario de Gases de Efecto

Invernadero de Actividades y Eventos Corporativos” elaborada para la Cámara de Industrias de Costa Rica, esta guía se fundamentan en el documento de “Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte” (ECCR) del GHG Protocol, World Resources Institute (WRI) y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), teniendo en cuenta en alcance 1 el consumo de Gasolina, Diésel y Gas licuado de petróleo (GLP); para el alcance 2, consumo de energía eléctrica y para el 3 el número de viajes por transporte de contenedores, número de viajes aéreos registrados y cantidad de papel utilizado. Como resultados se encontró que la mayor fuente de emisión es proveniente del alcance tres con un aporte del 60,81%, seguido de esto el alcance uno con 39,17%.

Así mismo, Torres et al. (2021) realizaron una investigación orientada en la estimación de huella de carbono en una empresa dedica al diseño, fabricación y comercialización de productos para el sector de gasodomésticos, electrodomésticos, mesa y cocina, con un alcance limitado desde el proceso productivo de materia prima (recepción y transporte) hasta la entrega al cliente, usando la metodología guía de inventarios organizacionales de emisiones de gases efecto invernadero desarrollada por la Corporación Ambiental Empresarial – CAEM. Como resultado, la investigación determinó que el alcance 1 fue quien mayor generó emisiones con un 78% proveniente del consumo de combustibles fósiles y gas natural genérico.

2.3.1.c Huella de carbono en instituciones educativas. Los establecimientos educativos demuestran ser una unidad institucional donde se logra aplicar con fuerza la estimación de la huella de carbono. Así, por ejemplo Vega (2019) y Rodríguez & Martínez (2018) que mediante la aplicación de Greenhouse Gas Protocol en una universidad, logran identificar, por un lado, que la mayor generación de tCO₂eq/año son originadas de las emisiones fugitivas (refrigerante utilizado en los aires acondicionados extintores, bebederos, dispensadores de agua, neveras y chillers) con un porcentaje de 78 %, consecutivo por las fuentes móviles, con un valor del 10,3 % correspondiente al gasto de combustible de los vehículos y de la maquinaria agrícola (guadañadoras, sopladoras, cortasetos, motosierra, fumigadora y extractora) que son propiedad de la universidad; por lo anterior, propone el cambio de estos vehículos por unos que hagan uso de energía renovable, como lo serían los vehículos eléctricos y la implementación de manteles solares para menguar el consumo de energía eléctrica (Vega, 2019), distinto a lo arrojado en la investigación de Rodríguez & Martínez (2018) donde el 98,66% del total de las emisiones de la Universidad a analizar está ligado a emisiones indirectas (alcance 3), del cual 95,63% corresponde a emisiones por disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario.

Algo semejante se logra evidenciar en la investigación desarrollada por Aristizábal-Álzate & González-Manosalva (2021) quienes pretendieron estimar la huella de carbono del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, siguiendo como guía la ISO 14064 para el enfoque de medición de gases de efecto invernadero y la 4040-14044 para una observación a nivel de análisis del ciclo de vida; conforme a los resultados arrojados, el alcance 1, más específicamente el uso de combustibles fósiles para el transporte de equipos y empleados, contribuye en un 69% seguido el alcance 2 con un 26,8%. Como medidas de mitigación la investigación plantea la implementación

de recuperar materiales a través del reciclaje y el compostaje de residuos orgánicos, así como campañas institucionales de sensibilización ambiental de la comunidad académica del campus.

Otra investigación es la realizada por (García-Alaminos et al., 2022), en la cual buscan proponer un método estándar de medición de la huella de carbono que pueda ser replicado en cualquier organización a través de la herramienta Greenhouse Gas Protocol, incluyendo los alcances 1,2 y 3, así mismo, este método puede llegar a facilitar la comparación de los resultados con empresas del mismo sector.

Por tanto, los autores de esta investigación aplican el método en una universidad ubicada en la Ciudad de Bogotá (Colombia), con el fin de identificar los puntos críticos de emisión y establecer acciones que apunten a la reducción del impacto para este ejercicio incluyeron el alcance 3, el cual en la mayoría de los casos es omitido dado que ninguna herramienta de estimación de emisiones lo considera como un requisito obligatorio, lo cual se basa en la dificultad de la recopilación de datos.

García-Alaminos et al. (2022), se orientan con la Norma Técnica Colombiana ISO 14064-1 para determinar las fuentes de emisiones del alcance 1, alcance 2 y alcance 3; donde se definieron de la siguiente manera. Alcance 1. Combustible de vehículos propios. Alcance 2. Consumo de energía eléctrica, calor o vapor. Alcance 3. Viajes de personal (gasto de vuelos) y consumo de papel. Los resultados de esta investigación, denotan que el mayor impacto es generado por las emisiones del alcance 3 que representan el 94% del total de las emisiones emitidas por la Universidad.

Ahora bien, los autores proponen algunas estrategias que pueden contribuir a la reducción de las emisiones; como incentivar la asistencia virtual a eventos académicos, conferencias en línea, sustitución de coches de gasolina por vehículos eléctricos, instalación de paneles solares (fotovoltaicos), establecer criterios ambientales en la selección de proveedores y adquirir productos más ecológicos.

Rincón & Hostos (2016) pretendieron calcular la huella de carbono de la Facultad de artes gráficas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, lo anterior, utilizando factores, valores y directrices del PIGA, UPME, IPCC y de la ISO 14064-1, una vez efectuado el cálculo se obtuvo que el consumo de energía eléctrica representa el valor más alto de emisión de CO₂ con 19,5714 Ton CO₂.

2.3.2 Internacional

No son pocas las organizaciones a nivel mundial que ven el aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero una relación directa con el calentamiento global, lo que impacta directamente la salud de las personas y los ecosistemas, por ende, la medición de la huella de carbono se ha convertido en un indicador es de interés para las organizaciones, especialmente, aquellas que no son indiferentes a la realidad del cambio climático y al aumento en la solicitud de información ambiental por parte de los grupos de interés (accionistas, clientes, gobierno, entre otros), adicionalmente, muchas organizaciones lo ven como un medio diferenciador para aumento la competitividad y productividad de la misma (Martínez-Rodríguez et al., 2022).

El Ministerio de Medio Ambiente (MMA) de Chile (2020), cuenta con una herramienta que permite revisar los niveles de emisión de gases efecto invernadero para así gestionar las conductas empresariales y organizacionales para hacerlas menos contaminantes; esto debido a que en la actualidad se buscan que las empresas puedan ser responsables con el impacto que genera sus prácticas ecológicas por lo que hacerlas responsables y sostenibles a nivel ecológico, económico y social es casi que imperativo.

Precisamente, los siguientes trabajos permiten observar, por un lado, procesos investigativos acerca del impacto de la huella de carbono y, por el otro, permite identificar cómo los procesos que se dan en estos contextos específicos se unen con la responsabilidad social. Así, en el texto Análisis de la huella de carbono en el gran café La Parroquia, de Veracruz, sucursal malecón (2020), se rescata consideraciones pertinentes para ser una Empresa Socialmente Responsable que, aunque en este caso el producto sea café, se hace una revisión pertinente frente a las estrategias que tienen las empresas para reducir sus emisiones CO₂. El proyecto se ubica bajo la normatividad que permitió establecer las medidas necesarias para controlar su impacto de huella de carbono. Por tanto, el método usado en el proyecto fue la medición de huella de carbono desde tres frentes: una directa dada por todas las instalaciones de la empresa, la indirecta que abarcó todas las emisiones producidas por el consumo energético, esto es, el gasto de energía eléctrica, agua, combustible y gas y un tercer componente referido a la materia prima que requiere la empresa para su funcionamiento, dado que la energía eléctrica es la fuente que genera más emisión, la propuesta de reducción de la huella de carbono se centra el ahorro y mejora en la eficiencia del consumo de energía eléctrica; algunas acciones a implementar son; mejora de la ventilación del edificio y de

los espacios bajo cubierta, sustitución de equipos de calefacción y aire acondicionado por otros de mayor rendimiento e instalación de energías renovables (sistemas fotovoltaicos y/o eólicos).

En concordancia con lo anterior, (Awanthi & Navaratne, 2017) indica que la estimación de la huella de carbono es la representación del compromiso de las organizaciones con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en pro de la mitigación del calentamiento global, este autor establece una metodología para la estimación de la huella de carbono en una organización de servicios. La metodología a implementar inicia con la descripción del área de estudio, seguido del establecimiento de los límites organizacionales y operativos, posteriormente, la recopilación de datos teniendo en cuenta los alcances 1, 2 y 3.

Una vez obtenidos los datos se procede a calcular la huella de carbono tomando los datos y multiplicándose por el factor de emisión asociado a cada fuente, como resultado se obtiene que la mayor fuente de emisión es la asociada al desplazamiento de empleados (Alcance 3), seguido del transporte propio de la organización (Alcance 1) y uso de electricidad (Alcance 2). Como estrategias para contribuir a la reducción de dichas emisiones, el autor propone: Incentivar a los colaboradores a tomar el transporte público, usar métodos alternativos de transporte como la bicicleta, concienciar a los trabajadores en temas de ahorro de la energía eléctrica y promover a la empresa a cambiar a energías renovables (paneles solares).

2.3.2.a Huella De Carbono En El Sector De Artes Gráficas. En el sector de las artes gráficas en Tailandia, según el estudio realizado por (Hansuebsai et al., 2020), es una de las industrias más contaminantes debido al uso de energía eléctrica y recursos en sus procesos de producción, algunas de las problemáticas ambientales están asociados a; contaminación del aire debido a la liberación de compuestos orgánicos volátiles (COV) derivado del uso de tintas, solventes e insumos químicos y manejo de residuos peligrosos. Para la estimación de la huella de carbono, la metodología usada fue ISO 16759 del American National Standards Institute (ANSI), para lo cual se recolectó de cada de las etapas del ciclo de vida multiplicado por el coeficiente correspondiente de la emisión de dióxido de carbono equivalente expresado en CO_2eq

Los compuestos orgánicos volátiles (COV), son los contaminantes que más preocupan a las empresas del sector de las artes gráficas, puesto que no es fácil la medición directa del mismo, por tanto, el autor propone su estimación en función del consumo multiplicado por el contenido de COV y por el factor de liberación e indica que según la Agencia de Protección Ambiental de los

Estados Unidos (US-EPA), gran parte de las tintas de impresión offset cuentan con un factor de liberación o de emisión del 5%. El segundo problema más grave en esta industria son los residuos peligrosos generados en los diferentes procesos de producción, por tanto, el autor indica algunas buenas prácticas ambientales a tener en cuenta; sustitución de tintas minerales a tintas vegetales, uso de papel de menor gramaje, uso de insumos químicos con mínimo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV). Finalmente, indica que para mejorar el índice ambiental se debe atacar tres escenarios; Mejorar prácticas operativas en las máquinas, control en el uso de materiales y cambio de materiales y equipos.

Lo anterior también se sustenta en la investigación desarrollada por (Aydemir Cem & Ozsoy Samed Ayhan, 2020) sobre el impacto ambiental que genera las tintas de impresión y demás sustancias químicas usadas en este proceso como los aditivos, disolventes, pegamentos, soluciones de limpieza, entre otros, donde las emisiones más frecuentes son los compuestos orgánicos volátiles (COV), debido al almacenamiento, uso y disposición final de los residuos, estos compuestos contribuyen al efecto invernadero.

Algunas recomendaciones para reducir este tipo de emisiones son: incluir criterios ambientales en la selección de tintas y demás insumos (insumos libres de contenido de COV), implementación de un sistema de lavado de mantillas y planchas más eficientes.

Otro estudio, que representa relevancia es el realizado en México (Vázquez et al., 2022), donde este autor indica que la estimación de la huella de carbono y los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero se han convertido en un papel importante para cumplir con los compromisos establecidos en el Acuerdo de París -COP 21, el artículo establece un método de estimación de la huella de carbono del consumo de energía eléctrica, con el enfoque de ciclo de vida (consumo y producción), lo anterior, basado en que el 66% de las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero de México, se atribuyen al sector de producción de energía eléctrica, por lo anterior, las estrategias de reducción de las emisiones se centran en el sector energético del país y como estrategia principal le apuntan a la descarbonización de la matriz energética y a las mejoras tecnológicas relacionadas con eficiencia energética en los sector económicos con mayor intensidad.

Alineado a lo anterior, Acha et al. (2021) realizó una revisión bibliográfica exhaustiva con la finalidad de identificar las mejores prácticas energéticas para conseguir la reducción de emisiones

de gases de efecto invernadero, algunas son implementar esquemas de reemplazo de equipos de mayor eficiencia energética, inversión en proyectos/tecnologías renovables como energía eólica, sistemas fotovoltaicos (PV) y fotovoltaicos térmicos.

2.3.2.b Huella De Carbono En El Sector Hospitalario. El sector de la salud, al igual que otras industrias o sectores económicos también tienen un impacto en el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, tal como lo expone Henríquez et al. (2022) en su investigación bibliográfica, en la cual indica que en los países desarrollados los hospitales emiten en promedio 2,1% de las emisiones de gases de efecto invernadero, derivados específicamente del uso de la anestesia; el autor tomó como referencia la herramienta de análisis de ciclo de vida (ACV), con el objeto de identificar y evaluar los impactos ambientales de un producto o un servicio en cada una de las etapas, desde la obtención de las materias primas, la producción, el uso y disposición final (tratamiento/reciclado), permitiendo la identificación de oportunidades de mejora y la toma de decisiones en las diferentes etapas del ciclo de vida.

Estos autores concluyeron que no en todos los casos se puede hacer ciclo de vida completo, debido a la ausencia de información en algunos procesos, del mismo modo indicaron que con cambios básicos en la sala de operaciones se pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivados de la actividad en mención (empleo de anestesia). Algunas iniciativas que enuncia son: usar bandejas de anestésicos reutilizables, apagar los equipos mientras no estén en uso y la implementación de las 3R; reciclar, reutilizar y reducir, entre otros (Henríquez et al., 2022).

Alineado a lo anterior, se ha identificado que las instituciones de tipo asistencia hospitalaria (clínicas, hospitales, etc.) emiten dióxido de carbono (CO₂) derivadas del consumo de energía, generación de residuos, utilización de gases medicinales (desflorano, óxido nitroso, sevoflurano), diesel (Balkenhol et al., 2018), entre otros. Por lo anterior, se ha vuelto de interés para las mismas el implementar acciones encaminadas en la reducción de su impacto negativo, como el utilizar anestesia de bajo flujo, aminorar o eludir el uso de N₂O y Desflurano, apagar máquinas y monitores cuando no se estén utilizando, no proporcionar calor al paciente si no se requiere, incentivar el reciclaje en pabellón, etc.

Balkenhol et.al (2018) cuantificó las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por las actividades del Hospital Base de Puerto Montt en Chile, usando la metodología Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, la cual se basa en el análisis de tres alcances (Alcance 1, Alcance

2 y Alcance 3), las fuentes de emisión identificadas fueron; consumo de energía eléctrica, combustibles, agua, papel de impresión, papel higiénico, gases clínicos y generación de residuos; los autores excluyen los consumos de biomasa en calderas y transporte de los colaboradores.

Una vez aplicada la metodología los resultados obtenidos demuestran que la mayor fuente de emisiones son las generadas por el consumo de energía eléctrica que representa 46% del total de emisiones generadas en el hospital objeto de estudio, seguido por la generación de residuos que equivalen al 29% y un 10% de emisiones generadas por el consumo de gases clínicos, este autor reitera lo indicado por (Henríquez et al., 2022), sobre el aporte del uso de la anestesia al aumento de los gases de efecto invernadero, por lo cual Balkenhol et.al (2018) plantearon la importancia de innovar en nuevas tecnologías que reduzcan emisiones de gases al ambiente. Así mismo, se encuentran investigaciones orientadas al cálculo de la huella de carbono de flujos de residuos, como lo pretendió realizar Rizan et al. (2021) en un hospital del Reino Unido. Dicho estudio utilizó la Guía del sector de contabilidad de gases de efecto invernadero diseñada para productos farmacéuticos y dispositivos médicos, utilizando datos de tres (3) hospitales del Servicio Nacional de Salud del Reino del país, identificando que cuando se recicla los residuos hospitalarios la huella de carbono es más baja entre 21–65 kg CO₂eq, seguido de la incineración a baja temperatura proveniente de energía de residuos 172–249 kg CO₂eq y logra aumentar cuando los residuos contaminados son tratados con anterioridad en autoclave (569 kg CO₂eq), no obstante, la huella de carbono más alta se asoció a la eliminación de residuos a través de la incineración a alta temperatura (1074 kg CO₂eq/ t).

Bozoudis & Sebos (2020) se enfocaron en analizar la huella de carbono de las actividades de transporte del Hospital General Militar 401 de Atenas, con la finalidad de elaborar un plan de acción que mitigue las emisiones de gases de efecto invernadero. Dentro del análisis se tuvo en cuenta el año base 2018 y se estimaron emisiones derivadas del transporte de 100 pacientes escogidos aleatoriamente, la movilidad de 100 trabajadores, movilidad de ambulancias, transporte de 12 proveedores que abastecen al hospital (alimentos, combustibles, material médico y otros) y el transporte de residuos; los resultados arrojaron que la movilidad de pacientes hacia el hospital contribuye en un 85,92%, servicios de ambulancia en un 7,52%, eliminación de residuos 3,65%, con un 2,43% la movilidad de los proveedores y por último, poco relevante, la movilidad del personal con un 0,48%.

Otro estudio en particular fue el realizado por (María Rosa Smith Rodríguez & Ernesto de Titto, 2018) en el Hospital Público de la ciudad de Buenos Aires, donde se estimó la huella de carbono tomando con base los lineamientos establecidos en la Norma Técnica ISO 14064-1 y siguiendo las siguientes etapas; 1. Definición de los límites, 2. Selección del año base, 3. Identificación de las emisiones y 4. Cuantificación de las emisiones, como resultado se obtuvo que la huella de carbono obtenida en toneladas de dióxido de carbono equivalente fue 1526,47 de las cuales el 43% corresponde a las emisiones directas (consumo de combustibles), 29% por emisiones indirectas (consumo de energía eléctrica) y el 28% restante por otras emisiones indirectas (consumo de agua, transporte de colaboradores y producción de residuos), lo anterior es un insumo que constituye una valiosa herramienta de gestión para encaminar a la institución a ser un hospital sostenible, estableciendo y aplicando criterios ambientales (eficiencia energética, energías verdes, uso racional del agua, arquitectura y movilidad sostenible, sistemas alimentarios sostenibles, gestión eficiente y adecuada de residuos, compras sostenibles y uso eficiente de bienes y recursos materiales).

2.3.2.c Huella De Carbono En Instituciones Educativas. Las instituciones educativas, de igual forma, han puesto la mira en la identificación de las emisiones emitidas por sus actividades, como se logra demostrar con (Leal et al., 2023) quienes buscan identificar las acciones que las Instituciones de Educación Superior en el mundo están implementando, para contribuir a la descarbonización apuntando a ser carbono neutral.

La primera herramienta utilizada fue una revisión documental con el fin de determinar los temas que tienen más relevancia con la descarbonización en las Instituciones, como resultado se determinó que los términos más utilizados son “Huella de Carbono” y “Sostenibilidad” que están alineadas a los esfuerzos para crear Universidades sostenibles, denominadas también “Campus Verde”, Campus Bajo en Carbono, “Campus Neutral” entre otras, implementada estrategia como; incentivar conductas sostenibles entre la comunidad estudiantil, implementación de proyectos de energía renovable y promover la movilidad sostenible en toda la comunidad universitaria para la reducción de las emisiones. Adicionalmente, los términos “Cambio climático” y “Gases de Efecto Invernadero” también son términos claves con la gestión de la descarbonización de las Instituciones de Educación Superior.

Seguidamente, (Leal et al., 2023) diseñaron una encuesta en línea enfocada en recolectar datos sobre las acciones y/o estrategias de descarbonización para ser aplicada a la comunidad estudiantil, investigadora, docente y administrativa de diferentes países, como resultado se obtuvieron 110 respuestas de 40 países; entre ellos; Estados Unidos, Canadá, Nigeria, Arabia Saudí, Reino Unido, Brasil, Portugal entre otros, donde se destaca principalmente, mejora de tecnologías de eficiencia energética, reducción del consumo de energía eléctrica, implementación de políticas baja en carbono, uso de energías renovables como la energía solar, seguida de la energía eólica, la energía hidroeléctrica y la energía térmica (biomasa), también se resaltan otras estrategias como la plantación de árboles, reciclaje de residuos, la concientización y la sensibilización entre la comunidad, con dicha encuesta también se evaluó si las Instituciones de Educación Superior tienen implementado un mecanismo o sistema de monitoreo de control de emisiones, encontrándose que el 30.9% no han implementado, el 26.4% indican que controlan algunas fuentes, el 19.1% cuentan con algunas iniciativas, el 14.5% tienen la iniciativa para hacerlo en el futuro y el 9.1% si tienen un sistema de monitoreo y control de emisiones, conforme a lo expuesto anteriormente, se puede inferir que no se presenta una brecha abrumadora entre lo que se espera actualmente y lo que se espera a futuro, dado que se demuestra una urgencia por afrontar y abordar lo relacionado con cambio climático, enfatizando que se debe reducir las emisiones, incrementar el uso de energías renovables, aumentar la conciencia social gestionando el cambio de comportamientos, incentivar el uso de transporte sostenible e implementar políticas climáticas.

Por otro lado, (Leal et al., 2023), indican que el 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero son emitidas por la energía basada en fósiles, siendo este el principal contribuyente al cambio climático, por lo tanto, la intención de los países es estar libre de emisiones de fósiles para el 2050, por lo cual las Instituciones de Educación Superior juegan un papel muy importante, ya que permiten impulsar el cambio, apoyando al desarrollo de la infraestructura, la mejora de tecnologías de energía limpia y eficiente a nivel mundial, todo lo anterior, alineado a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Adicionalmente, también se han realizado estudios en torno a las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el uso de materiales de construcción de edificaciones educativas, como es el caso de (Vásquez et al., 2022) quien indica en el documento que según el Ministerio de Ambiente del Perú (MINAM) dicho sector tiene un excesivo consumo de energía eléctrica,

liberación de gases de dióxido de carbono CO₂, seguido de la generación de residuos, lo cual se traduce en mayores emisiones de gases de efecto invernadero.

Así mismo, este autor indica que muchas empresas han compensado las emisiones generadas por sus actividades implementando acciones como son; captura de carbono mediante la reforestación y compra de bonos de carbono.

Ahora bien, en cuanto a la metodología para la estimación de emisiones (Vásquez et al., 2022), la dividió en tres etapas, una etapa cero (0) enfocada en la identificación y cuantificación de recursos y materiales en el proceso constructivo de las edificaciones de Educación Superior, etapa uno (1) determinación de los factores de emisión de CO₂ internacionales y nacionales de cada uno de los materiales identificados en la etapa 1 y finalmente la etapa dos (2) realiza el cálculo multiplicando el consumo de cada uno de los materiales identificados en la etapa 1 expresado en kg/m² por el factor de emisión expresado en kg CO₂eq./kg, una vez obtenido los resultados se evidencia que los materiales con mayor emisión en la producción son el cemento, acero y PVC.

2.3.2.d Huella De Carbono En Otros Sectores. En la revisión de trabajos orientados a la medición de huella de carbono, se identifica variedad de sectores que se han venido encaminando a la estimación de huella de carbono, como indicador que les permita mejorar sus procesos, con el fin de disminuir su impacto al medio ambiente.

Ejemplo de lo mencionado, se encuentra el autor Rodríguez (2020) quien enfocado al sector de la construcción de la malla vial, afirma que se debe considerar la evaluación de las afectaciones ambientales, con un enfoque de sostenibilidad e innovación, centrándose principalmente en la sostenibilidad de las mezclas asfálticas, dado que es el tipo de material más usado en la construcción, adecuación y mantenimiento de la malla vial (vías urbanas, ciclovías, andenes peatonales y pista de vuelos, entre otras).

La metodología usada por el autor para la estimación de la huella de carbono fue la norma UNE-CEN ISO/TS 14067:2015 “Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación y comunicación” con enfoque de ciclo de vida, incluyendo la etapa de uso y etapa de término de vida (demolición y retirada). Se realizó la estimación de la huella de carbono en tres tipos de mezclas asfáltica, la primera muestra es una mezcla asfáltica sin contenido de asfalto recuperado (RAP), la segunda muestra con un porcentaje de 20% de RAP y la tercera muestra con un contenido de 70% de RAP, como resultado de la

estimación de la huella de carbono para cada una de las muestras seleccionadas se evidenció que la muestra No.1 Obtuvo una huella de carbono de 60,15 kg CO₂e/t, la segunda muestra 57,71 kg de CO₂e/t y la tercera muestra 53,50 kgCO₂e/t, por lo anterior, se puede inferir que la sostenibilidad en la construcción, adecuación y mantenimiento de la malla vial se puede basar en el uso de mezcla asfáltica con porcentajes de contenido de asfalto recuperado.

A su vez, en el sector industrial de igual manera ha aplicado este indicador en sus procesos internos; es el caso de Reinoso-Valladares et al. (2018) que deciden analizar la huella de carbono en la producción de azúcar del central azucarero” Argeo Martínez”, localizado en la provincia de Guantánamo en Cuba, mediante la aplicación de la metodología elaborada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático y factores de emisión divulgado por diversos autores entre los años 2014 y 2016. Los conceptos analizados en la huella fueron: urea, fertilizantes fosfóricos, fertilizante potásico, quema de caña y transporte agrícola, arrojando como resultado que el fertilizante que mayores emisiones genera es la urea, por su alto contenido de nitrógeno (46%), generando 0,69 ton CO₂eq/año. Dentro de las labores agrícolas, el corte mecanizado fue quien mayor contribución generó con un valor de 494,86 ton CO₂eq/L combustible.

Del mismo modo, en Argentina, en el sector de Córdoba, el autor (Bongiovanni & Tuninetti, 2021), planteó calcular la huella de carbono y energética del etanol anhidro de maíz producido en una mini destilería “minidest”. Así, el estudio inicia con una diferenciación conceptual en la que se aclaran los conceptos de huella energética versus huella de carbono, en el cual el segundo representa el total de gases emitidos por un producto, mientras que el primero apunta al total de la energía que es consumida en la elaboración de un objeto o bien, como se denomina en el mismo. Esto, sin duda, es bastante interesante y deja entrever por qué la elección de una industria pequeña, pues esta, en particular, es productora de su propio maíz, y por ende del etanol, además de otros productos dirigidos hacia la industria bovina.

El método usado para la estimación de la huella de carbono del etanol se basa en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la herramienta “Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”, para realizar el análisis, se emplean inventarios realizados para cada producción de los productos que, en el caso de no existir, se hace uso de datos o referencias internacionales donde se incluyan dichas bases de datos. Así pues, para este caso, en particular, los datos para medir la huella se tomaron de registros reales dados por la empresa u organización

objeto de este estudio, además de algunas fuentes secundarias extraídas de bases de datos extranjeras. Como resultado, se evidenció que el mayor impacto en la cadena productiva se asocia al consumo energético, por tanto, prevenir el uso de Gas licuado de petróleo (GLP) en la fase de la mini destilería y aprovechar la energía generada por los motores del biodigestor, podría reducir considerablemente la huella de carbono.

En otro trabajo de interés Ambato-Hernández Jorge et al (2022) presenta un interesante caso llevado a cabo en Ecuador en el que se realiza la medición de la huella de carbono en vehículos de motor eléctrico (VEB) y combustión interna (VMCI), el trabajo se realizó tomando como objeto de análisis dos vehículos, por un lado, un Kia Soul de combustión interna y, por otro, un Kia Soul EV que se presenta como una versión eléctrica del mismo y que se promociona como energéticamente sustentable. Para efectuar dicho estudio se utilizó el método de análisis del Pozo a la Rueda; el cual considera todas las emisiones de CO₂ generadas, es decir, se analiza y cuantifica todas aquellas emisiones de carbono que se efectúan durante el proceso de extracción o generación, transformación, transporte y distribución de combustibles o energía y también se cuantifican la energía consumida y las emisiones producidas por determinado vehículo durante su vida útil, teniendo en cuenta las características técnicas de los vehículos, como también de la distancia de conducción, rutas, reemplazo de baterías y vida útil de los vehículos. Además de emisiones que pueden generarse a través del chasis como de las carrocerías de las muestras estudiadas, y de este modo, llegar a unos resultados, ciertamente reveladores, debido a que la muestra de combustión VMCI genera emisiones de 236.16 g CO₂ /km, mientras que la versión eléctrica VEB emite 63.14 g CO₂ /km. Sin duda, estos datos representan un cambio positivo dado que se está evitando la emisión del 27% de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con su par de combustión interna, lo que resulta muy importante en un país que está en transición energética, además de reducir la contaminación en términos ambientales. Finalmente, este tipo de estudios presenta ser una oportunidad para acelerar los cambios en la matriz energética del país que contribuya a generar energía limpia y sustentable.

Por otro lado, el estudio del autor Olvera Castañeda Domingo Rafael (2022) hace un análisis de los impactos de la HdC digital, la cual apunta al CO₂ que es liberado a la atmósfera como consecuencia de actividades realizadas, ya sea por personas naturales o individuales, empresa o comunidades que hacen uso de tecnología física conocida como tecnologías de la información y

la comunicación. Esto, sin duda, pone el foco de interés en una industria que tiene influencia directa sobre un alto porcentaje de organizaciones a nivel mundial, en distintos ámbitos, y de las cuales es inherente el uso de tales recursos informáticos. Por ende, el objetivo del estudio es aportar elementos que permitan realizar un análisis más profundo y global, a través de elementos, que lleven a reflexionar acerca del impacto ambiental digital global que posee el uso intensivo de dispositivos electrónicos.

Metodológicamente, el estudio posee un carácter cualitativo y conceptual de revisión bibliográfica, esto debido a que se parte de la afirmación que la noción de Huella de Carbono Digital (HCD) aún se encuentra en etapa de consolidación y de formación, por lo que aún se deben considerar factores de carácter metodológico para usar de manera conceptual dicho término, uno de estos es la interconectividad y el manejo de la información además de otros elementos de análisis.

2.4 Marco teórico conceptual

Para comprender el tema de interés es importante definir ciertos términos que serán mencionados a lo largo del desarrollo del proyecto, esto desde el conocimiento de diversos autores que lograrán enriquecer los fundamentos conceptuales de la investigación.

2.4.1 Contextualización para estimación de huella de carbono

Como consecuencia del cambio climático definido como un fenómeno global de interés científico, político y social por las repercusiones que ocasiona en las actividades humanas como la agricultura, recursos hídricos, suministro y demanda de energía, salud humana y servicios ecosistémicos (Schewe et al., 2019), se han venido implementando herramientas que permitan medir el impacto negativo que se genera por desarrollo de actividad antrópica; dentro de estas se encuentran la HdC que no es más que un indicador ambiental que refiere a:

La cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) generados y emitidos por una empresa o durante el ciclo de vida de un producto a lo largo de la cadena de producción, a veces incluyendo también su consumo, recuperación al final del ciclo y su eliminación (Frohmann & Olmos, 2013, p. 24).

Pero, ¿Qué son los gases de efecto invernadero (GEI)? Según la norma NTC-ISO- 14064-1 un GEI es un “componente gaseoso de la atmósfera, tanto natural como antropogénico, que absorbe y

emite radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes” (ISO, 2018)

La unidad CO₂eq, representa una medida normalizada de la agrupación de todos los GEI en el clima, es decir, es el resultado de cada gas en cantidad de CO₂eq que representaría un efecto equivalente, integrado en una cifra (Agencia Estatal de Meteorología & Oficina Española de Cambio Climático, 2018).

2.4.2 Contextualización de las metodologías para la estimación de la huella de carbono

Para calcular dicho indicador, existen diversidad de metodologías, entre ellas, GHG Protocol (Protocolo de gases de efecto invernadero, por sus siglas en inglés), que es una guía para las empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI; dentro de la guía se consideran 6 gases (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SH₆) a escala de organización, producto y/o servicio (Rodríguez et al., 2020). No obstante, es importante entender que los GEI son todos aquellos gases que retienen el calor en la atmósfera, entre ellos se encuentra el Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O) y Gases fluorados (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2022); sin embargo, estos gases se encuentran divididos en dos grupos, GEI directos haciendo referencia a aquellos que “contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera” (IDEAM, 2022) y GEI indirectos que son precursores de ozono troposférico, y que además de ellos cuando llegan a la atmósfera se transforman en gases de efecto invernadero directo como los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono (IDEAM, 2022).

En la cuantificación de los GEI el protocolo define 3 alcances establecidos de la siguiente manera:

Figura 4

Alcances Definidos por GHG Protocol

Alcance	Descripción
1 emisiones directas de GEI	Las emisiones directas se definen como aquellas que se logran controlar directamente por la empresa. Ejemplo: Emisiones provenientes de la combustión de equipos como: calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad o están controlados por la empresa.
2 emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad	El alcance 2 incluye las emisiones de la generación de electricidad consumida por la empresa.
3 otras emisiones indirectas	El alcance 3, es importante aclarar que es una categoría opcional para el reporte del resto de las emisiones indirectas. Ejemplo: extracción y producción de materiales adquiridos; y el uso de productos y servicios vendidos

Nota. Descripción de alcance 1, 2 y 3. Tomado de World Business Council Sustainable Development, & World Resources Institute. (2006). Protocolo de gases de efecto invernadero. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

A fin de comprender mejor los alcances, es necesario definir primeramente qué son las fuentes fijas y móviles; estas primeras, son definidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023) como las fuentes de emisión ubicadas en un lugar inamovible, a pesar de que la contaminación emitida por la fuente se disperse. En cuanto a las fuentes móviles, son aquellas que se desplazan como automotores, vehículos a motor de cualquier naturaleza.

Por otra parte, el cálculo de HdC se definen ciertos Factores de Emisión (FE) conforme a la actividad que se pretenda analizar, los cuales son valores representativos que tienen como finalidad el relacionar la cantidad de un contaminante con una actividad asociada a la emisión del mismo, habitualmente expresados como masa del contaminante dividido unidad de peso, volumen,

distancia o duración (Establecimiento Público Ambiental de Cartagena & Universidad de Cartagena, 2022).

Del mismo modo, se establece el Potencial de Calentamiento Global (PCG) que es un

índice basado en las propiedades radiactivas de los gases de efecto invernadero, que mide el forzamiento radiactivo obtenido de los impulsos de emisión en la atmósfera actual, de una unidad de masa de cierto gas de efecto invernadero, integrado a lo largo de un plazo de tiempo dado, en comparación con el causado por el dióxido de carbono. (Plantón, 2015, p. 16)

Tabla 1

Potenciales de Calentamiento Global

Nombre común	Fórmula química	Tiempo dado de Horizonte 100 años
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido nitroso	N ₂ O	310

Nota. Algunos gases de efecto invernadero con sus respectivos potenciales de calentamiento global de gases efecto invernadero. Tomado de (Plantón, 2015). Glosario. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

Otro de los documentos utilizados para desarrollar el cálculo es la Norma ISO 14064-1, donde se orienta a nivel organizacional para cuantificar y realizar el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Además de ello, se encuentra la Norma ISO 14064-2 donde se establecen los principios y requisitos para determinar la línea base, desarrollar, realizar seguimiento, cuantificación e informar emisiones. Por último, se sitúa la Norma ISO 14064-3 que detalla los requisitos para la verificación de la declaración de GEI (ISO, 2018).

A fin de controlar y gestionar la huella de carbono, se establecen medidas para la mitigación de la misma, en donde se refiere a “la intervención humana para reducir las fuentes o incrementar los

sumideros de GEI” (Agencia Estatal de Meteorología & Oficina Española de Cambio Climático, 2018).

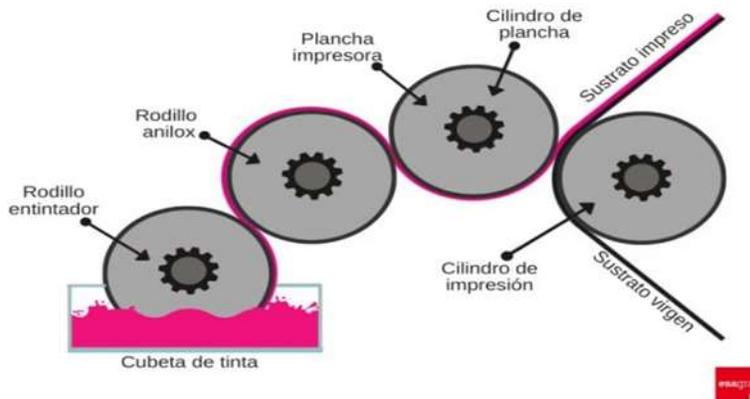
2.4.3 Generalidades de las artes gráficas

El sector de las Artes Gráficas, según la Asociación Colombiana de la Industria de la Comunicación Gráfica (2020), es aquel que se dedica a la impresión de material publicitario, comercial y editorial, además de periódicos, revistas, empaques y etiquetas.

Dentro de los procesos llevados a cabo en el sector se encuentra la flexografía que es un sistema de impresión utilizado para elaboración de etiquetas personalizadas, ubicándola en distintos mercados como el “Packaging, con materiales tan diversos como envases flexibles, cartón corrugado, papel, cartón compacto y cartoncillo, sleeves, films, etc” (Esagraf, 2023). El funcionamiento del sistema consiste en dos fases, iniciando con un proceso de preimpresión, en donde se establece una idea o diseño digital y la preparación de las planchas, de modo que se procesa una plancha por color, superponiendo para conseguir el diseño deseado y finalmente las planchas son incorporadas en cilindros que se encuentran cubiertas con una cinta de montaje (Esagraf, 2023). Como segunda fase, se encuentra la impresión en la cual se pueden encontrar diferentes máquinas flexográficas dependiendo del tipo de producto. Siendo máquina de etiquetas generalmente en línea, de bobina a bobina o en banda estrecha; para cartón ondulado en gran formato y de bobina a hoja y para material flexible en tambor central y banda ancha. Una vez se pasa a la impresión, la plancha moldeada se coloca sobre el cilindro o rodillo que posee unas celdas donde se encuentra la tinta que al girar entra en contacto con las zonas que tiene relieve en la plancha (Esagraf, 2023) hasta entrar en contacto con el sustrato, ver Figura 4.

Figura 5

Proceso de Impresión Flexográfica



Nota. Proceso visual de la impresión tipo flexográfica. Tomado de Esagaf. (2023). *Características de la impresión flexográfica.* Disponible en <https://www.esagaf.com/caracteristicas-impresion-flexografica/>

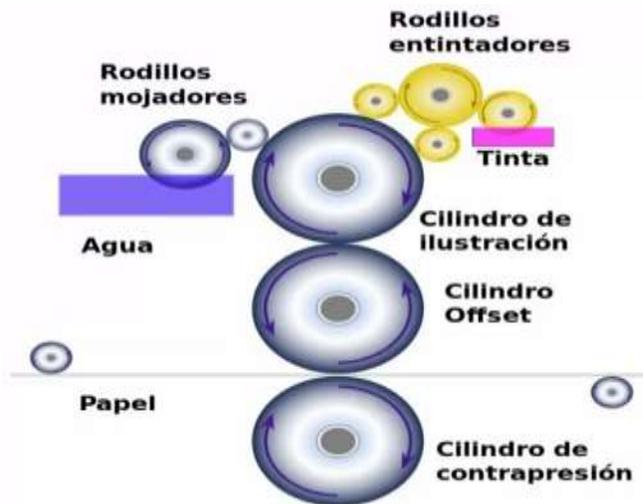
Por otro lado, también se encuentra el offset es una impresión planográfica, debido a que las zonas con y sin imagen se encuentran en el mismo plano superficial, que mediado por la incapacidad de mezclarse el agua con las sustancias gasas o aceitosas se logra conseguir el entintado selectivo, debido a la naturaleza gasa de la imagen. Dicha impresión se divide en 3 fases, la primera consta de una pre-impresión donde se realiza el diseño de la imagen que se desea imprimir (fotocomposición), seguido se pasa a la fase de fotomecánica en la cual se genera un negativo elaborado con una película fotosensible, que una vez expuesta a luz ultravioleta se pasa por diversos baños para producir el revelado, la fijación, el lavado y el secado para obtener la imagen (fotolito) y luego será trasladada a la plancha de impresión (INSST, 2023). En la segunda fase se realiza el proceso de impresión, que consiste en pasar la imagen de las planchas al sustrato (cartón, papel, entre otros), lo cual se consigue gracias al

Aporte de la solución de remojo y la tinta a la plancha con imagen, junto con el principio de inmiscibilidad gasa-agua, hace que la tinta se retenga en las partes lipofílicas de la plancha y sea repelida en las partes hidrofílicas, repulsión fortalecida por la acción de la solución de remojo (INSST, 2023)

Finalmente, en la fase 3 o post-impresión donde se realiza el acabado del producto impreso como corte, fresado, cosido y embalaje; en este último paso también se efectúa la limpieza de los rodillos, tinteros y planchas de impresión entintadas (INSST, 2023).

Figura 6

Proceso de Impresión Offset



Nota. Proceso visual de la impresión tipo flexográfica. Tomado de (Imprestar Gráfica SAS, 2022). ¿Cómo funciona la impresión Offset en nuestra litografía? <https://imprestargafica.com.co/funciona-la-impesion-offset-nuestra-litogafia/>

3. METODOLOGÍA

Con el fin de llevar a cabo el proyecto de investigación, fue importante definir como una de las actividades necesarias para cumplir con los objetivos planteados. La investigación pretendió dar la explicación paso a paso de cada una de las herramientas utilizadas con el objetivo de que sirva como herramienta para el cálculo de huella de carbono en la industria de las artes gráficas. Lo anterior, teniendo en cuenta que la reducción de emisiones de dióxido de carbono ha sido una meta planteada a nivel nacional.

3.1 Metodología por etapas

Dentro de la metodología por etapas se definió lo siguiente

3.1.1 Etapa 1: identificar las fuentes de emisiones para la estimación de la huella de carbono

Con el objeto de identificar las actividades o procesos que generan emisiones se realizó una visita a las instalaciones de la empresa, desarrollando las siguientes acciones y de esta manera dar cumplimiento al primer objetivo.

3.1.1.a Diseño de un formato de inspección general para el levantamiento de información. Para llevar a cabo el levantamiento de información se elaboró un formato de inspección general, el cual fue necesario para efectuar el respectivo cálculo de huella de carbono. Dentro de los temas que se abarcaron en la entrevista se encuentra consumo de energía, proveniente de uso de maquinaria; generación de residuos peligrosos del uso de solventes, agua residual de procesos y consumo de papel archivo procedente del área administrativa, ver anexo.

El formato se debió en 7 secciones, entre ellas, datos generales de la empresa, descripción de los procesos productivos, límites operacionales, límites organizacionales, identificación de medidas implementadas que contribuyan a la reducción de las emisiones, participantes y registro fotográfico. Dentro del ítem de datos generales, se encuentra el nombre de la empresa, dirección, municipio, teléfono, localidad, número de empleados, persona de contacto, cargo, celular, año base y fecha de visita.

3.1.1.b Aplicación del formato de inspección (recolección de información e inventario de las fuentes de emisión). Haciendo uso del formato de inspección (Anexo), se recolectó información de las actividades como: consumos de papel, consumos de agua y energía, cantidad de residuos generados, mantenimiento de extintores, consumo de combustibles fósiles, entre otros.

3.1.2 Etapa 2: cálculo de la huella de carbono

De acuerdo a los procesos productivos de flexografía y offset que desarrolla la empresa bajo estudio, se procedió a realizar una identificación de las fuentes de emisión a tener en cuenta para la estimación de la huella de carbono, lo anterior, definido en la disponibilidad de datos históricos de la misma.

En los años bajo estudio, se realizó el cálculo de la huella con base en la dinámica productiva de la empresa y el periodo a calcular es del 01 de enero al 31 de diciembre de cada año.

3.1.2.a Identificación Del Alcance La De La Huella De Carbono. Una vez identificadas las fuentes de emisión que se podrían encontrar en la empresa, se determinó qué actividades se iban a tener en cuenta para la estimación, lo anterior, definido en la disponibilidad de datos históricos de la misma.

3.1.2.b Estimación De Huella De Carbono Por Actividad. Cabe mencionar que, la presente investigación se centró netamente en las emisiones de CO₂eq generadas dentro de los procesos productivos de la empresa.

3.1.2.b.i Cálculo de la huella de carbono del uso de combustibles fósiles. Para la estimación de fuentes fijas se realizó lo siguiente:

Paso 1. De acuerdo a la base suministrada del consumo de combustibles para fuentes fijas por la empresa bajo estudio, se logró identificar el tipo de combustible que utilizan es Gas natural.

Paso 2. Una vez identificados el tipo de combustible, se realizó la búsqueda del factor de emisión del combustible, lo anterior, mediante la herramienta de la Calculadora de FECOC & UPME (2023) (FECOC & UPME, 2023), donde se ingresaron datos para establecer el factor de emisión (Gaseosos > Gas Natural genérico).

$$FE_{\text{Gas Natural Genérico}} = 1,9801 \text{ g CO}_2\text{eq/m}^3\text{ST}$$

(FECOC & UPME, 2023)

Paso 3. Seguido de lo anterior, se procedió a dejar en las mismas unidades en las que se encuentra el factor de emisión para poder efectuar el siguiente paso.

Paso 4. Aplicar la fórmula (Ecuación 1), en donde A hace referencia al consumo (dato suministrado por la organización) y EF al factor de emisión.

$$\text{Emisión dióxido de carbono} = A * EF$$

Ecuación 1

(World Business Council Sustainable Development & World Resources Institute, 2006)

Donde:

A: Consumo de combustible (kg)

EF: Factor de emisión (kg CO₂/kg)

Para el cálculo de las fuentes móviles se realizó lo siguiente:

Paso 1. De acuerdo a los datos suministrados por la organización del consumo de combustibles para fuentes móviles, se logró identificar el tipo de combustible que utilizan (GLP genérico).

Paso 2. Una vez identificados el tipo de combustible, se efectuó la búsqueda del factor de emisión del combustible, lo anterior, mediante la herramienta de la Calculadora Fecoc 2016, donde se ingresaron datos para establecer el factor de emisión (Líquidos> GLP genérico).

$$FE_{GLP \text{ genérico}} = 3,0512 \text{ kg CO}_2/\text{kg}$$

(FECOC & UPME, 2023)

Paso 3. Seguido de lo anterior, se procedió a dejar en las mismas unidades en las que se encuentra el factor de emisión para poder efectuar el siguiente paso.

Paso 4. Aplicar la fórmula (Ecuación 1), en donde A hace referencia al consumo (dato suministrado por la organización) y EF al factor de emisión.

$$\text{Emisión dióxido de carbono} = A * EF$$

Ecuación 1

(World Business Council Sustainable Development & World Resources Institute, 2006)

Donde:

A: Consumo de combustible (kg)

EF: Factor de emisión (kg CO₂/kg)

3.1.2.b ii cálculo de la huella de carbono del uso de energía eléctrica. Para el respectivo cálculo se ejecutaron los siguientes pasos:

Paso 1. Recolección de datos de consumo de electricidad suministrados por la organización

Paso 2. Se realizó la búsqueda del factor de emisión de electricidad, lo anterior, mediante las resoluciones expedidas por la UPME, donde se ingresaron datos para establecer el factor de emisión de acuerdo al año. Por lo anterior, para el año 2020 el valor se extrajo de la Resolución 382 del 2021, para el 2021 se utilizó el factor de emisión establecido en la Resolución No. 000320 del 2022, mientras que para el 2022 se utilizó la Resolución No. 000762 de 2023.

Tabla 2

Factores de Emisión de Consumo de Energía Eléctrica

Año	FE _{Electricidad}	Unidad
2020	0.203 ¹	kg CO ₂ /kWh
2021	0.126 ²	kg CO ₂ /kWh
2022	0.112 ³	kg CO ₂ /kWh

Nota. Factores de emisión de consumo de energía por año

1 (RESOLUCIÓN No. 000382, 2021)

2 (RESOLUCIÓN No. 000320, 2022)

3 (RESOLUCIÓN No. 000762, 2023)

Paso 3. Seguido de lo anterior, se procedió a dejar en las mismas unidades en las que se encuentra el factor de emisión para poder efectuar el siguiente paso.

Paso 4. Aplicar la fórmula (Ecuación 1), en donde A hace referencia al consumo (dato suministrado por la organización) y EF al factor de emisión.

$$\text{Emisión dióxido de carbono} = A * EF$$

Ecuación 1

(World Business Council Sustainable Development & World Resources Institute, 2006)

Donde:

A: Consumo de energía eléctrica (kWh)

EF: Factor de emisión (kg CO₂/kWh)

3.1.2.b.iii Cálculo de la huella de carbono del consumo de agua potable. Para el respectivo cálculo se realizó lo siguiente:

Paso 1. Se recolectó información del consumo de agua (m³) utilizados por la organización mes a mes con ayuda del recibo público.

Paso 2. Se hizo uso del factor emisión de agua potable de la calculadora - Convenio No. 6200013748/2022 - Cámara y Comercio de Bogotá (CCB) y Corporación Ambiental Empresarial (CAEM)

$$FE_{\text{Agua potable}} = 0,10 \text{ kg CO}_2\text{eq} / \text{m}^3$$

(Cámara y Comercio de Bogotá & Corporación Ambiental Empresarial, 2022)

Paso 3. Se aplicó la fórmula (Ecuación 1), en donde A hace referencia al consumo (dato suministrado por la organización) y EF al factor de emisión.

$$\text{Emisión dióxido de carbono} = A * EF$$

Ecuación 1

Donde:

A: Consumo de agua (m³)

EF: Factor de emisión (kg CO₂/m³)

Paso 4. Se sumaron los valores de los 6 bimestres facturados y se obtuvo el valor total del CO₂eq emitido por la actividad.

Nota: En la ciudad de Bogotá el servicio de acueducto es facturado cada dos meses de es decir bimestralmente

3.1.2.b.iv Cálculo de la huella de tratamiento y disposición de residuos. Dentro de la disposición de residuos generados en la empresa bajo estudio se clasificaron de la siguiente manera:

- Residuos Industriales Incinerados: Para la estimación de emisiones de residuos industriales se realizó lo siguiente:

Paso 1. Se recolectó información de los residuos que se disponían a procesos de incineración, de acuerdo a esto, los residuos son catalogados como elementos de prevención y limpieza contaminados.

Paso 2. Se recolectó información acerca del tipo de tratamiento se le da a cada residuo generado.

Paso 3. Se calculó el factor de emisión de acuerdo a las directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GE - Volumen 5 Desechos, ver capítulo 9.1 Cálculos de factores de emisión.

FECO₂INC= 1.386 kg CO₂/kg residuo

Paso 4. Se multiplicó la magnitud de la actividad, es decir, la cantidad de residuos generados (kg) y el factor de emisión encontrado anteriormente (FECO₂INC)

Paso 5. Se sumaron los valores de los 12 meses registrados en los formatos de generación de residuos de la organización y se obtuvo el valor total del CO₂ emitido por la actividad.

- Residuos hospitalarios incinerados

Paso 1. Se recolectó información de la generación de residuos hospitalarios generados del proceso productivo (ejemplo: Elementos EPP - emergencia COVID, biosanitarios, etc.)

Paso 2. Se recolectó información acerca del tipo de tratamiento se le daba a cada residuo generado.

Paso 3. Se calculó el factor de emisión de acuerdo a las directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GE - Volumen 5 Desechos, ver capítulo 9.1 Cálculos de factores de emisión.

$$\text{FECO}_{2\text{INC}}(\text{hospitalarios}) = 0,572 \text{ kg CO}_2/\text{kg residuo}$$

Paso 4. Se multiplicó la magnitud de la actividad, es decir, la cantidad de residuos generados (kg) y el factor de emisión encontrado anteriormente (FECO_{2INC}hospitalarios))

Paso 5. Se sumaron los valores de los 12 meses registrados en los formatos de generación de residuos de la organización y se obtuvo el valor total del CO₂eq emitido por la actividad.

• Disposición de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Paso 1. Se recolectó información de la cantidad de residuos generados (kg) utilizados durante el año

Paso 2. Se realizó la búsqueda de factores de emisión, donde se seleccionó el establecido por la Universidad de Córdoba (Jordano et al., 2015)

$$\text{EF}_{\text{RAEE'S}} = 0,0846 \text{ kg CO}_2/\text{kg residuo}$$

$$\text{EF}_{\text{Aceites usados}} = 0,0347 \text{ kg CO}_2/\text{kg residuo}$$

Paso 3. Se aplicó la fórmula (Ecuación 1), en donde A hace referencia al consumo (dato suministrado por la organización) y EF al factor de emisión.

Ecuación 1. Emisiones de CO₂ generadas

$$\text{Emisión dióxido de carbono} = A * EF$$

Donde:

A: Cantidad de residuo dispuesto (kg)

EF: Factor de emisión (kg CO₂/kg residuo)

Paso 5. Se sumaron los valores y se obtuvo el valor total del CO₂eq emitido por la actividad.

3.1.2.b.v Cálculo de la huella de carbono del consumo de papel. Para el cálculo de emisiones del consumo de papel se realizó lo siguiente:

Paso 1. Se recolectó información de la cantidad de papel bond (m²) utilizados durante el año en la producción de cajas plegadizas.

Paso 2. Se realizó la búsqueda de Factores de emisión, donde se seleccionó el utilizado en la Calculadora Convenio No. 6200013748/2022 Cámara y Comercio de Bogotá (CCB) y Corporación Ambiental Empresarial (CAEM) y la Calculadora El Programa Nacional de Carbono Neutralidad (PNCN) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

$$EF_{\text{papel bond}} = 1,05 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg}$$

(Cámara y Comercio de Bogotá & Corporación Ambiental Empresarial, 2022)

Paso 3. Se pasó del gramaje (g/m²) de papel bond utilizado a kg, utilizando la ecuación 4.

Ecuación 4. Cantidad de kg consumidos por número de resmas utilizadas
$$\text{kg Papel} = (\text{Gramaje del papel g/m}^2) * (\text{m}^2 \text{ papel usados en la producción}) * 0,001 \text{ kg}$$

Paso 4. Se aplicó la fórmula (Ecuación 1), en donde A hace referencia al consumo (dato suministrado por la organización) y EF al factor de emisión.

Ecuación 1. Emisiones de CO₂ generadas

$$Emisión \text{ dióxido de carbono} = A * EF$$

(World Business Council Sustainable Development & World Resources Institute. 2006)

Paso 5. Se sumaron los valores y se obtuvo el valor total del CO₂eq emitido por la actividad.

3.1323b3vi Cálculo de la huella de carbono de la recarga de extintores. Para la estimación de emisiones se realizó lo siguiente:

Paso 1. Se recolectó información del registro de recarga de extintores.

Paso 2. Se buscó el factor de emisión de acuerdo al tipo de extintor, ver Tabla 6.

Tabla 3*Potenciales de Calentamiento por Tipos de Extintores*

Tipo de extintor	Potencial de calentamiento global
H ₂ O	Agente limpio
Solkaflam	77
CO ₂	1
ABC	-
Class K	-

Nota. Valores de potenciales de calentamiento global de agentes presentes en los extintores utilizados en la empresa bajo estudio (UNEP, 2016)

Paso 3. Se aplicó la fórmula (Ecuación 1), en donde A hace referencia al consumo (dato suministrado por la organización) y EF al factor de emisión en todos los meses.

Paso 4. Se sumaron los valores registrados y se obtuvo el valor total del CO₂eq emitido por la actividad.

Conforme a los cálculos realizados y el levantamiento de información de factores de emisión se tiene lo siguiente:

Tabla 4*Factores de emisión*

Actividad	Factor de emisión	Unidad	Fuente
Consumo combustible (Gas Natural)	1,9801	g CO ₂ eq/m ³ _{ST}	(FECOC & UPME, 2023)
Consumo combustible (Gas Propano)	3,0512	kg CO ₂ /kg	(FECOC & UPME, 2023)
Consumo energía eléctrica (2020)	0.203	kg CO ₂ /kWh	(RESOLUCIÓN No. 000382, 2021)
Consumo energía eléctrica (2021)	0.126	kg CO ₂ /kWh	(RESOLUCIÓN No. 000320, 2022)

Consumo energía eléctrica (2022)	0.112	kg CO ₂ /kWh	(RESOLUCIÓN No. 000762, 2023)
----------------------------------	-------	-------------------------	-------------------------------

Nota. Consolidado de factores de emisión utilizados por actividad y sus respectivas fuentes

3.1.2.b.vii Identificación de fuentes de emisiones que generan mayor emisión. Una vez calculada la huella de carbono de las diferentes actividades, se analizó los resultados mediante la tabulación y gráficas e identificación de la cantidad de emisiones por alcance y la total generadas en la empresa.

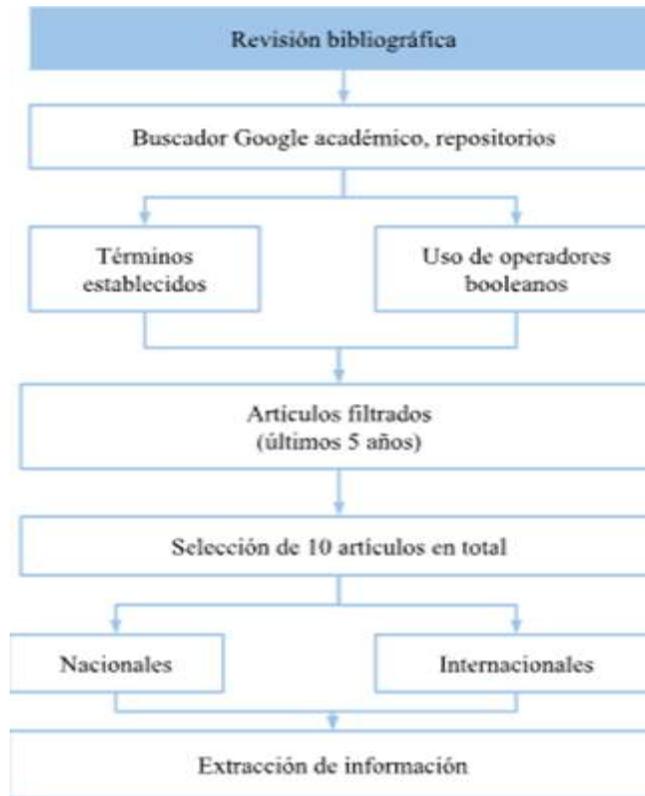
3.1.3 Etapa 3: priorización de alternativas

Para la priorización de las alternativas se realizó inicialmente la búsqueda de alternativas en referencias bibliográficas y seguido de ello, se utilizó una matriz para la toma de decisiones y selección de alternativas.

3.1.3.a Revisión documental y bibliográfica. Luego de identificar las actividades y áreas que generan mayores emisiones de CO₂eq, se hizo una búsqueda bibliográfica de trabajos orientados a la medición de huella de carbono en diferentes instituciones, con el fin de identificar las alternativas propuestas en cada uno de los casos a analizar, de lo cual se obtuvo la recolección de 10 artículos, trabajos y/o otras publicaciones, ver figura 4.

Figura 7

Revisión Bibliográfica



Nota. Proceso realizado para la búsqueda bibliográfica de las posibles alternativas de reducción de CO₂

Para la búsqueda de referentes bibliográficos se hizo uso de operadores booleanos AND y OR, en buscadores como Google académico y Scopus, y en repositorios como ScienceDirect, Redalyc, entre otros, filtrando en los últimos 5 años con palabras como “termografía”, “sensores”, “movimiento”, “Industria”, “Gráfica”, “paneles solares”.

Seguido de lo anteriormente mencionado, se aplicó la metodología PUGH que plantea los siguientes pasos para lograr priorizar las alternativas de acuerdo a criterios establecidos.

Paso 1. Identificación de las alternativas. Para este paso se realizó una búsqueda de posibles alternativas enfocadas en el punto crítico dentro del resultado arrojado en el cálculo de HdC.

Paso 2. Diseño de la matriz con la siguiente estructura, ver Tabla 5.

Tabla 5*Matriz PUGH*

		Alternativas		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
C r i t e r i o s	Criterio 1	0	0	0
	Criterio 2	0	0	0
	Criterio 3	0	0	0
Suma general		0	0	0

Nota. Esquema de la matriz utilizada para la calificación de alternativas

Paso 4. Se tomó la primera alternativa y se analizó por cada uno de los criterios. Sí representa un impacto positivo analizado desde el criterio se pone el signo “+”, si es negativo se pone “-” y si, por el contrario, no representa ningún impacto se pone “0”. Por lo anterior, y para mayor comodidad solo se decidió utilizar los siguientes valores, ver Tabla 6.

Tabla 6*Escala de Calificación*

Alternativa que comparada con la línea base (Estado actual) representa ser una mala opción sobre el criterio evaluado	No genera ningún impacto	Alternativa que comparada con la línea base (Estado actual) representa ser una buena opción sobre el criterio evaluado
-2	-1	0
		1
		2

Nota. Escala de calificación determinada por impactos positivos y negativos de las alternativas en cada uno de los criterios

Paso 5. Una vez analizadas todas las alternativas en relación con los criterios se realiza una suma general por alternativa. La priorización en la implementación de las alternativas corresponderá del mayor al menor puntaje.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el desarrollo de cada uno de los objetivos se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1 Etapa 1. Identificar las fuentes de emisión para la estimación de la huella de carbono

Como resultado de la aplicación del formato de inspección, ver anexo, se obtuvo la información mostrada a continuación.

4.1.1 Datos generales de la empresa

En la visita a la empresa, se recolectó información que permitió identificar dinámicas de la empresa a nivel general, ver Figura 8.

Figura 8

Datos de la Empresa de Artes Gráficas

Antigüedad	73 años		
Dirección	Ubicada entre la Carrera 89 y Transversal 93, En la Ciudad de Bogotá		
Localidad	Engativá	Barrio	Álamos Industrial
No. empleados	Operativos	Administrativos	Total
	136	36	172

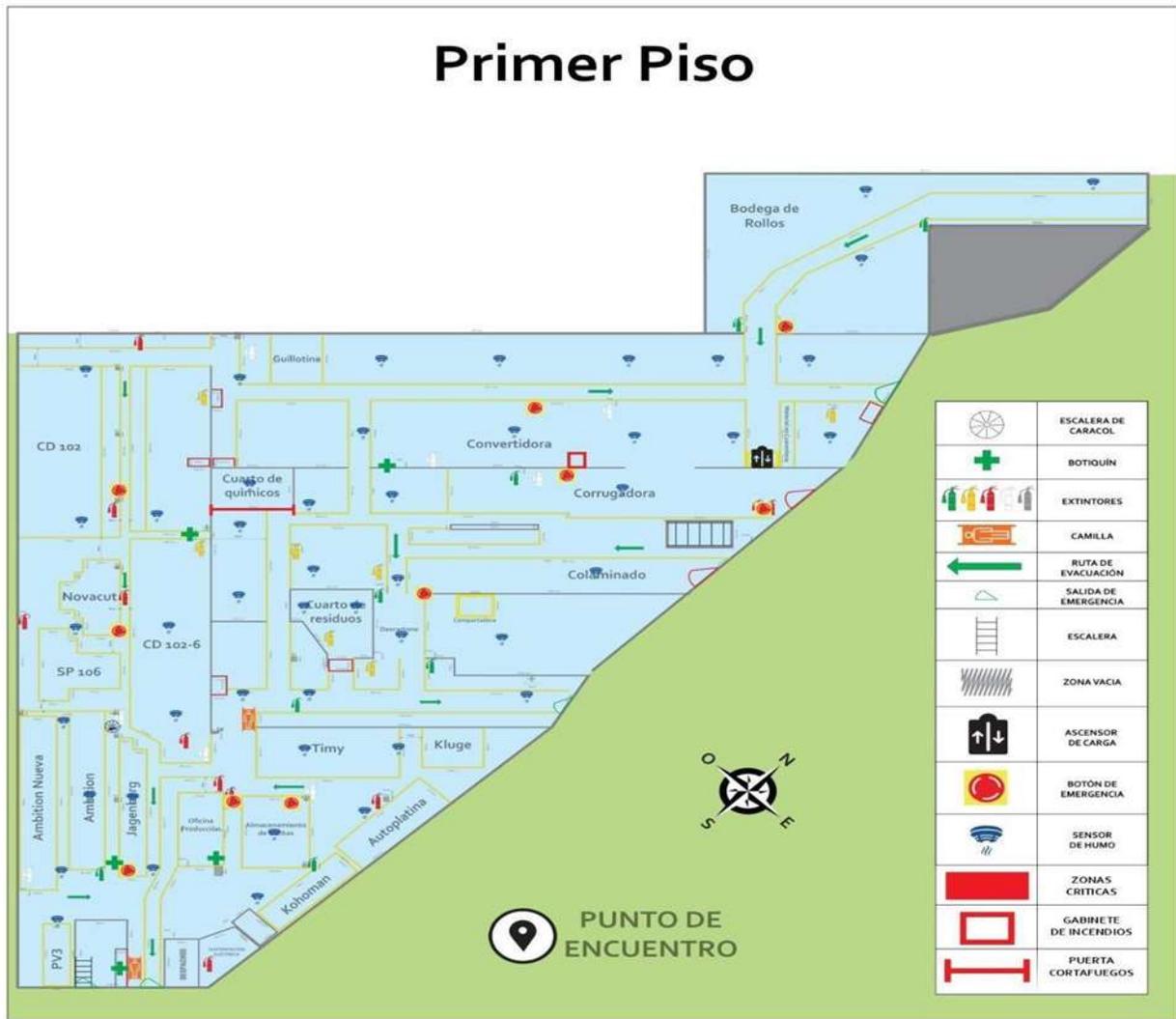
Nota. Descripción de datos generales de la empresa bajo estudio

La organización caso de estudio del sector de las artes gráficas, define como misión ser una empresa dedicada a la elaboración de cajas plegadizas y etiquetas, dentro de su proceso productivo incluyen tecnología, calidad y talento humano, en pro de mantener la satisfacción de los clientes. Así mismo, proyecta como visión ser una empresa de artes gráficas reconocida en Latinoamérica por su creatividad, priorizando la satisfacción del cliente y comprometidas con la protección del medio ambiente.

En la Figura 9, se evidencia que el primer piso de la empresa se utiliza en gran parte para actividades operacionales, conformada por área como el colaminado, corrugadora, convertidora, cuarto de químicos, bodega de rollos, entre otros.

Figura 9

Planos primer piso – Empresa de Artes Gráficas



Nota. Descripción de las zonas, áreas y otros elementos que se encuentran ubicados en el primer piso de la empresa bajo estudio

Por otra parte, en la Figura 10 se puede observar en el segundo piso, donde se encuentra ubicada el área administrativa de la empresa, al igual que parte destinada al área operacional como el área de flexografía.

Figura 10

Planos segundo piso - Empresa de Artes Gráficas



Nota. Descripción de las zonas, áreas y otros elementos que se encuentran ubicados en el segundo piso de la empresa bajo estudio

Cómo se evidencia, la empresa se encuentra constituida por varias bodegas, debido a que, con el crecimiento, se ha visto la necesidad de comprar las que se encontraban aledañas, por esto, dentro de la recolección de algunos datos se clasificará por medidor, es decir, el consumo de cada una de las actividades se encuentra discrimina por bodega.

4.1.2 Procesos operacionales

En los procesos operacionales, se identifica que la empresa cuenta con dos líneas de procesos productivos (OFFSET y FLEXOGÁFICA) correspondiente a la diversidad de productos que ofrece.

Figura 11

Líneas de Producción de Empresa de Artes Gráficas

Líneas de producción	
OFFSET	Elaboración de cajas plegadizas y microcorrugadas que cuenta con los siguientes procesos: conversión, impresión, barnizado, microcorrugado, troquelado, descartone, pegue y terminados.
FLEXOGÁFICA	Elaboración de etiquetas y termoencogibles, proceso de impresión, pegado y corte de fundas.

Nota. Descripción de las líneas de producción que la empresa bajo estudio utiliza

A continuación, en la Figura 12 y Figura 13 se describe el proceso llevado a cabo en cada una de las líneas.

Figura 12

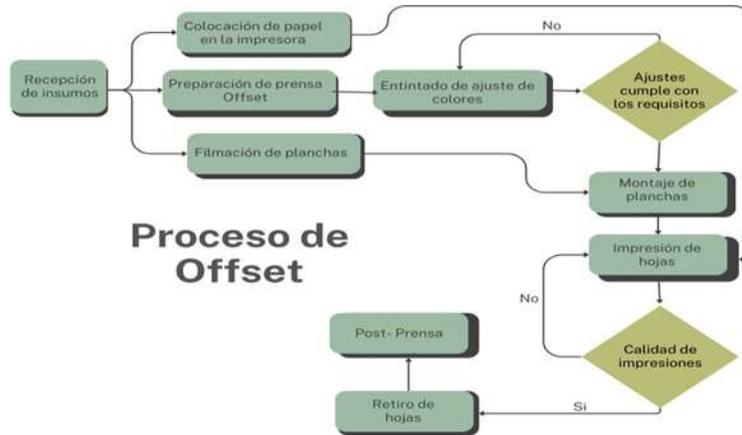
Diagrama de Flujo de Producción Flexografía



Nota. Flujo del proceso productivo de la línea de producción de flexografía

Figura 13

Diagrama de Flujo de Producción Offset



Nota. Flujo del proceso productivo de la línea de producción de offset

4.1.3 Información adicional

En la búsqueda de reconocer su contribución en las emisiones de CO₂, la empresa realizó el cálculo de la huella de carbono entre el periodo de agosto 2021 a agosto 2022, no obstante, dicho cálculo no permite identificar las dinámicas de manera uniforme, debido a que los comportamientos por año pueden variar.

El cambio de la luminaria por bombillas LED, ha sido la única alternativa de mejora llevada a cabo hasta el momento por parte de la empresa.

Finalmente, se identificaron las fuentes de emisión que genera la empresa, entre ellas, consumo de combustibles fuentes fijas, consumo de combustibles fuentes móviles, consumo de gases refrigerantes, consumo de gas de los extintores, cantidad de residuos sólidos tratados, cantidad de residuos líquidos tratados, consumo de energía eléctrica total, consumo de papel, residuos peligrosos, consumo de agua, proceso de barnizado UV, lubricantes y aceites.

Figura 14*Diagnóstico de las Fuentes de Emisión de la Empresa*

Fuente	Descripción
Consumo de combustibles fuentes fijas	Gas natural de la caldera de 40 BHP, Cocina de gas natural, medidores independientes.
Consumo de combustibles fuentes móviles	Dos montacargas que funcionan con gas propano.
Consumo de gases refrigerantes	La máquina de impresión flexográfica cada 3 años se recarga con un líquido refrigerante, para el año 2022 no se le suministró, por tanto, no se tendrá en cuenta en el inventario.
Consumo de gas de los extintores	En el área tanto administrativa como operativa se cuenta con extintores ABC, Solkaflam 123, CO ₂ , agua a presión y multipropósito.
Cantidad de residuos sólidos tratados	Se generan residuos en todas las áreas de la empresa.
Cantidad de residuos líquidos tratados	Residuos líquidos del lavado de los procesos de impresión OFFSET y FLEXOGRAFÍA.
Consumo de energía eléctrica total	Toda la planta
Consumo de energía eléctrica por área o proceso	No aplica, todo está conectado a una sola red.
Consumo de papel	En el área administrativa y en el área de producción papel bond en bobinas.
Otro	Viajes de los colaboradores por trabajo Transporte de los colaboradores de sus casas al trabajo.
Otras Fuentes de emisión identificadas y con información del año base	
Residuos peligrosos	Generados en varios procesos productivos.
Consumo de agua	Consumo de agua en las actividades domésticas y proceso de producción.
Proceso de barnizado UV	Proceso de barnizado
Lubricantes y aceites	Sustancias usadas en los procesos de mantenimiento de las máquinas y equipos de producción

Nota. Descripción de las fuentes de emisión de la empresa con su respectiva observación e información, al igual que el reconocimiento de las alternativas que al día la empresa a implementado

4.1.4 Clasificación de actividades por alcance

Una vez realizado el levantamiento de información general de la empresa, se procedió a clasificar las actividades en cada uno de los alcances definidos por la metodología de Protocolo de Gases de

Efecto Invernadero (Alcance 1, 2 y 3), a continuación, se describen cada una de las fuentes de emisión identificadas en la visita de diagnóstico.

4.1.4.a Alcance 1. Dentro de este alcance se tuvieron en cuenta las fuentes fijas y móviles que realizaban algún tipo de consumo de combustible.

4.1.4.a.i Consumo de combustibles fuentes fija. Como fuente de energía para el funcionamiento de la microcorrugadora, se hace uso de una caldera 40 BHP la cual funciona con gas natural, ver Figura 15, la caldera es de tipo pirotubular (con quemado del combustible en el lado de los tubos y flujo de agua por la coraza). Su finalidad principal es la generación de vapor de agua, con el fin de aumentar la temperatura en la maquinaria de corrugado para la elaboración de cartón (INFORME DE EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE FUENTES FIJAS DE LA CARTONERÍA INDUSTRIAL S.A.S. 2016) La caldera solo trabaja por tiempos parciales; dicha máquina cuenta con las revisiones anuales y semestrales de calidad del aire.

Figura 15

Caldera de una Potencia de 40 (bhp- Brake Horsepower)



Nota. Caldera utilizada para el funcionamiento de la máquina de microcorrugado

Por otro lado, como fuente fija, se encuentra una estufa de dos puestos que se encuentra ubicada en cafetería y zonas de comida que funcionan con gas natural, ver Figura 16; estas cuentan con medidores independientes, lo cual facilita la toma de datos.

Figura 16

Estufa Área Administrativa



Nota. Estufa utilizada por el personal

4.1.4.b.ii Consumo de combustibles fuentes móviles (vehículos propios). La organización cuenta con dos montacargas que funcionan con gas propano y son utilizados para el cargue de producto terminado y descargue de materias primas e insumos, ver Figura 17.

Figura 17

Montacargas - Área Operacional



Nota. Montacargas de la empresa bajo estudio

4.1.4.b Alcance 2. Las emisiones del alcance 2 están asociadas al consumo de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional de Colombia.

4.1.4.b.i Consumo de energía eléctrica. A continuación, se relacionan los equipos asociados al consumo de energía eléctrica.

Figura 18

Equipos Asociados al Consumo de Energía Eléctrica

Fuente	
Cantidad	Máquinas de producción
Línea Offset	
1	Convertidora
1	Corrugadora
1	Colaminadora
3	Impresoras OFFSET
1	Barnizados UV
3	Troqueladoras automáticas
3	Pegadoras automáticas
1	Pegadora de Ventanas
1	Estampadora
1	Repujadora al calor
Línea Flexográfica	
2	Impresoras Flexográficas
1	Pegadoras de funda
1	Cortadora de fundas
1	Conformadora de conos
Área Administrativa	
Equipo de cómputo	

Impresoras

Sistema de iluminación

Televisores

Máquina plotter

Neveras y máquinas dispensadoras

Nota. Levantamiento de información de los equipos que generan algún consumo energético dentro de la empresa. 2022.

4.1.4.c Alcance 3. De acuerdo Greenhouse Gas Protocol el alcance 3:

Es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa (World Business Council Sustainable Development & World Resources Institute, 2006).

Sin embargo, como resultado del diagnóstico se identificaron las siguientes fuentes de emisión:

Figura 19

Fuentes de Emisión, Alcance 3

FUENTE	CARGA AMBIENTAL
Sobrantes de papel bond del proceso de corte.	Consumo de papel
Bobinas de papel bond en el proceso de flexografía	Consumo de papel
Viajes por motivos laborales	
Transporte terrestre de colaboradores	Kilómetros recorridos
Transporte de mercancía a clientes nacionales	
Extintores	Recargas (ABC, Solkaflam 123, CO ₂ y Class K, H ₂ O)
Tratamiento de residuos sólidos peligrosos	Cantidad de residuos sólidos peligrosos Generados
Tratamiento de aguas residuales industriales y lodos	Cantidad de aguas residuales y lodos tratados

Nota. Identificación de fuentes de emisión del alcance 3

4.2 Etapa 2: cálculo de la huella de carbono

Para la selección del año se tuvo en cuenta la producción de los últimos 7 años, ver Tabla 7.

Tabla 7

Producción de la Empresa de Artes Gráficas (m²)

MES	PRODUCCIÓN (m ²)						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	597.720	1.268.711	1.300.571	1.207.176	997.412	1.339.987	1.659.000
Febrero	1.230.879	1.668.271	1.305.772	1.579.095	1.264.755	1.908.484	1.606.178
Marzo	1.120.466	1.887.384	1.323.700	2.014.810	1.477.682	1.684.338	1.814.753
Abril	1.202.807	1.390.540	1.135.756	1.472.341	1.235.689	1.522.499	1.620.313
Mayo	1.574.588	1.176.790	1.072.592	1.629.134	1.352.641	1.399.079	1.817.486
Junio	1.336.518	1.374.986	1.094.316	1.242.553	1.353.404	1.305.655	1.587.469
Julio	1.547.963	1.308.187	1.304.349	1.256.467	1.717.136	1.645.561	2.286.928
Agosto	1.697.015	1.341.930	1.246.485	1.683.128	1.481.701	1.504.535	2.321.937
Septiembre	1.662.979	1.896.106	1.743.467	1.740.368	1.426.071	1.651.750	1.482.197
Octubre	1.710.724	1.804.574	1.761.953	1.656.068	1.598.679	1.517.141	2.326.345
Noviembre	1.925.064	1.444.710	1.569.751	1.349.804	1.680.188	1.690.678	1.937.591
Diciembre	1.392.523	818.223	829.293	797.129	1.099.223	1.337.084	1.193.422
Total	16.999.246	17.380.412	15.688.004	17.628.075	16.684.580	18.506.789	21.653.619

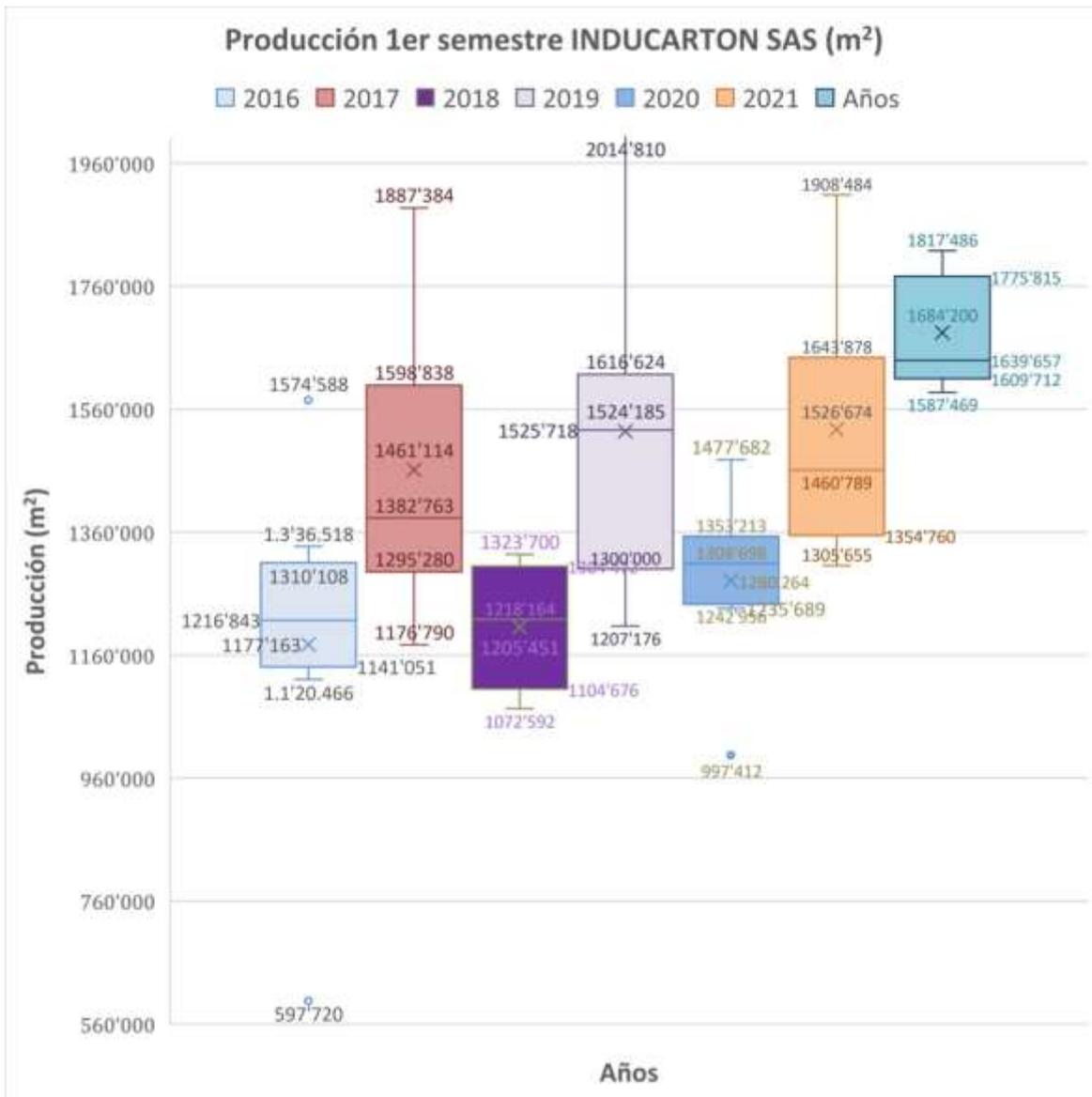
Nota. Histórico de producción (m²) de los últimos 7 años de la empresa bajo estudio.

Por lo anterior, se procedió a hacer uso de un diagrama de cajas y bigotes para evidenciar gráficamente el comportamiento e identificar datos atípicos. En el primer periodo de todos los años se evidencia que el comportamiento varía, durante los últimos 7 años no se ha logrado mantener una producción, sino que, por lo contrario, se aprecia que se dan picos de crecimiento en la producción cada año de por medio, es decir, que la mayor producción se dio en los años 2017, 2019 y 2021 y la menor producción se dió en el 2016, 2018 y 2020, no obstante, el año 2022 presenta una variación en el comportamiento, debido a que supera la producción del año anterior.

En la Figura 20 se logra ver un comportamiento de los cuartiles superiores, son relativamente constante, sin embargo, se identifica claramente que el año 2022 (21.653.619 m²) tuvo un comportamiento inusitado en la producción; es importante aclarar que en dicho año se mantuvieron los clientes de los años anteriores, no obstante, el crecimiento en la producción es derivado del aumento de la cantidad de los pedidos.

Figura 20

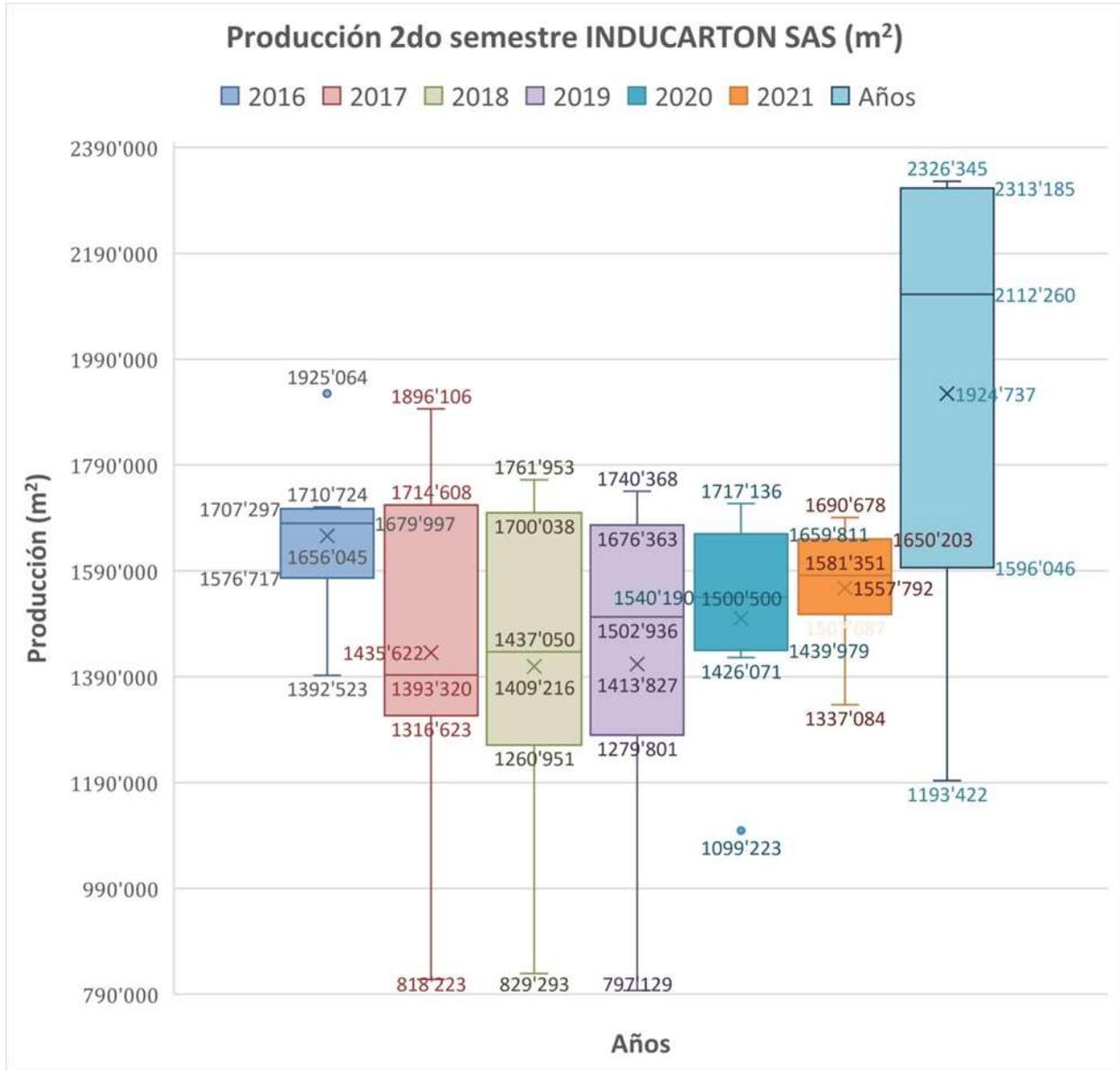
Diagrama de Caja y Bigotes en el Primer Semestre Empresa de Artes Gráficas



Nota. Comportamiento de la producción en el primer semestre de cada año de acuerdo al histórico por meses

Figura 21

Diagrama de Caja y Bigotes en el Segundo Semestre Empresa de Artes Gráficas



Nota. Comportamiento de la producción en el segundo semestre de cada año de acuerdo al histórico por meses. Para poder identificar la razón origen del aumento de producción en el año 2022, se realizó un análisis de los clientes año 2021 y 2022 con el objetivo de poder establecer si durante el año 2022 se registraban más clientes, ver Tabla 8.

Tabla 8*Clientes del año 2021 y 2022 de la Empresa de Artes Gráficas*

Principales Clientes				Diferencia
2021		2022		
Cliente	Participación	Cliente	Participación	
		Cliente 12	3,7%	3,7%
Cliente 1	3,98%			-3,98%
		Cliente 11	4,7%	4,7%
Cliente 2	3,21%			-3,2%
Cliente 3	6,61%	Cliente 3	3,3%	-3,3%
Cliente 4	7,59%	Cliente 4	5,4%	-2,2%
Cliente 5	5,60%	Cliente 5	3,5%	-2,1%
Cliente 6	17,9%	Cliente 6	17,6%	-0,3%
Otros	55%	Otros	62%	7%
Cliente 7	3,38%	Cliente 7	5,2%	1,8%
Cliente 8	2,76%			-2,76%
Cliente 9	3,01%	Cliente 9	3,4%	0,4%
		Cliente 10	4,7%	4,7%

Nota. Comportamiento de los clientes en los años 2021 y 2022

De acuerdo con la Tabla 9, se evidencia que se suman 3 clientes nuevos en el año 2022, siendo estos la CERVECERÍA DEL VALLE S.A.S., FABRICA DE LICORES Y ALCOHOLES DE ANTIOQUIA y QUALA S.A. que suman una participación de 13,1%, del mismo modo, se identifica que se retiran empresas como DIAGEO COLOMBIA S.A., HENKEL COLOMBIANA S.A.S y PRODUCTOS FAMILIA S.A. que sumaron una participación en el 2021 de 9,95%. Una vez identificado lo anterior, se logra evidenciar que en el año 2022 solo se presentó un aumento del 3,2% de clientes nuevos en comparación con el 2021.

Tabla 9

Porcentaje de Clientes Retirados y Nuevos (2022) Empresa de Artes Gráficas

Clientes	No.	Porcentaje
Nuevos	3	13,1%
Retirados	3	9,95%
% Aumento de clientes		3,2%

Nota. Porcentajes de la participación de clientes nuevos en el año 2022

Conforme a lo anterior, y de acuerdo con una encuesta realizada por la ANDI en conjunto Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas (ACICAM), la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (ACOPLASTICOS), la Asociación Colombiana de la Industria de la Comunicación Gráfica (ANDIGAF) y la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) de - Encuesta de Opinión Industrial Conjunta (EOIC) - donde se realizó una comparación de evolución en la producción y venta en cada uno de los sectores, se logra concluir que dentro del análisis del periodo de enero-septiembre de los años 2021 y 2022; para el último año de análisis se observó un aumento en la producción del 15,8%, en ventas totales un 11,5% y unas ventas hacia el mercado nacional un 14,6% (ANDI, 2023). Lo anterior, tiene concordancia con el aumento en la producción de la empresa bajo estudio del año 2022 con respecto al 2021.

La Asociación Colombiana de la Industria de la Comunicación Gráfica, divide esta industria en dos actividades “Actividades de impresión” y “Fabricación de papel, cartón y sus productos”, conforme al proceso de la empresa, encajaría en las actividades de impresión. Para el año 2019 se publica un informe donde se reporta un aumento en la producción del 5% con respecto al año anterior (2018), no obstante, para el siguiente año (2020) la dinámica cambia y se reporta una disminución en la producción equivalente -11,8% en comparación a 2019, y en el año 2021, nuevamente se da incremento en la producción del 15,2% y para el año 2022 se reporta un crecimiento del 32,5%.

Adicionalmente, en el Boletín Económico 2022 Balance, Perspectivas y Retos De La Economía Colombiana, publicado por ANDIGAF menciona que se experimentó un crecimiento en las actividades de impresión (15,2%), en fabricación de papel y cartón (12,1%) con respecto a lo reportado en el 2020; lo cual se encuentra directamente relacionado con el aumento de la

producción de la industria de artes gráficas, debido a que estas son las principales materias primas necesarias para la elaboración de sus productos.

Por otro lado, para los años 2019, 2020, 2021 y 2022, se pudo corroborar que el comportamiento en la producción de la empresa objeto de estudio es congruente con la información reportada en los informes de gestión de la Asociación Colombiana de la Industria de la Comunicación Gráfica (Andigraf) para cada uno de los años de referencia.

Acorde con lo anterior, se determina que en el año 2022 no presenta un aumento significativo en inscripción de clientes nuevos que sea consecuencia del comportamiento del año, lo cual llevaría al argumento que aumentaron los pedidos de los clientes, llevando a la empresa a generar una producción anual de 21.653.619 m², viéndose mayormente reflejada en el segundo periodo del año, ver Figura 22.

Por consiguiente, en la presente investigación se seleccionaron los años 2020, 2021 y 2022 para realizar el respectivo cálculo.

Una vez identificadas las diferentes actividades que pueden representar emisiones de CO₂eq de la empresa, a continuación, se definen las fuentes que van a ser tenidas en cuenta en la presente investigación, lo anterior, definido por la disponibilidad de datos históricos y otros factores que fueron imprescindibles para el cálculo, ver Figura 23

Figura 22

Fuentes de Emisión tenidas en cuenta en la Estimación de CO₂



Nota. Actividades por alcance tenidas en cuenta en el calculo

En cuanto a la estimación derivada de la recarga de los extintores que son usados por la organización, el H₂O es un agente limpio y el Solkaflam, según ficha técnica, la fórmula es (HCFC-123), por lo cual y de acuerdo con el valor asignado como Potencial de calentamiento Global (PCG) es de 79, no cuenta con factor de emisión. Por otra parte, los tipos ABC y Class K no se tuvieron en cuenta en el cálculo, ya que no se encuentran dentro de las sustancias con (PCG). En relación con los CO₂ se empleó el Potencial de calentamiento Global (PCG) (Rodríguez & Martínez, 2018) (Sánchez, 2020).

Por otro lado, en el alcance 3 se tiene identificado el transporte de los empleados, el cual se excluyó para el cálculo las emisiones, dado que son emisiones que no pueden ser controladas por la Empresa y para la estimación de estas emisiones la obtención de los datos de kilómetros recorridos, tipo de transporte utilizado como; bicicletas, motocicletas, vehículos propios, transporte público (Sistema Integrado de Transporte Urbano SITP y Transmilenio), modelo y rendimientos se convierte un poco dispendioso dado que la empresa no tiene control sobre esta información.

En cuanto las emisiones por viajes por motivos laborales y de acuerdo a la información suministrada por la Empresa, se evidencia que los viajes son a nivel nacional, en la siguiente tabla se relacionan:

Tabla 10

Relación de Viajes y Emisiones de CO₂eq de los Años 2020, 2021 y 2022

Año	Detalle	Origen	Destino
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira
2020	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Barranquilla
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira

	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida una (1) persona	Cali	Bogotá
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cartagena
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cartagena
2021	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida una (1) persona	Bogotá	Cali
	Regreso una (1) persona	Cali	Bogotá
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira
2022	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida dos (2) persona	Bogotá	Pereira
	Regreso dos (2) personas	Pereira	Bogotá
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida una (1) persona	Bogotá	Barranquilla
	Regreso una (1) persona	Barranquilla	Bogotá
	Ida una (1) persona	Bogotá	Barranquilla
	Regreso una (1) persona	Cartagena	Bogotá
	Ida una (1) persona	Bogotá	Barranquilla
	Regreso una (1) persona	Cartagena	Bogotá
	Ida una (1) persona	Cali	Bogotá
	Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín
	Ida y Regreso una (1) persona	Medellín	Bogotá

Nota. Viajes nacionales de la empresa de Artes Gráficas

Para realizar la estimación de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂eq) de los viajes aéreos para cada uno de los años con los que se cuenta información, se hizo uso la herramienta

denominada “Calculadora de emisiones de carbono de la OACI (ICEC)”, esta herramienta es fácil de usar y exige una mínima información, además, que es el único instrumento aprobado internacionalmente (ICAO, 2023).

En este alcance también se identificó el transporte terrestre de mercancía a clientes nacionales ubicados en las ciudades de Medellín, Barranquilla, Cali y Pereira, este servicio está tercerizado y no se cuenta con la información necesaria para realizar la estimación de la huella de carbono, por lo cual no se tendrá en cuenta en la medición.

Adicionalmente, en este alcance se tuvo en cuenta el papel bond usado en el proceso de fabricación de cajas plegadizas del área de flexografía.

4.2.1 Alcance 1

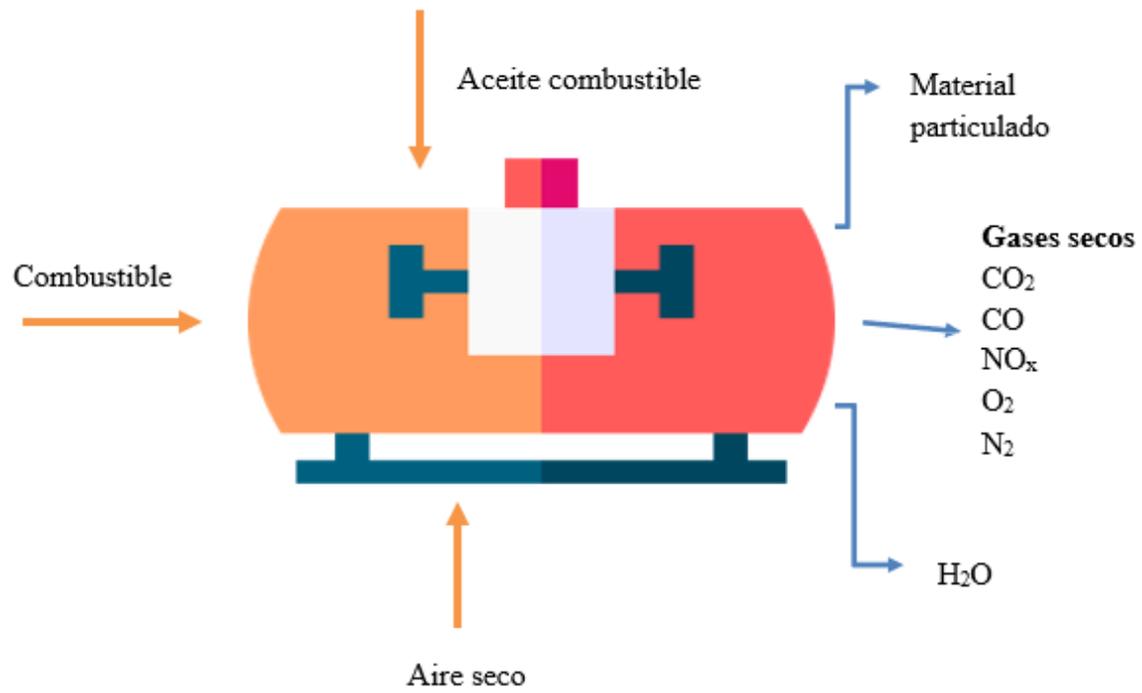
De acuerdo a los cálculos realizados en los 3 años (2020,2021,2022) se obtuvo lo siguiente, lo anterior, conforme a las dinámicas presentadas en el consumo de gas natural (cafetería y caldera) y GLP (montacargas).

4.2.1.a Emisiones por el Consumo de Combustibles. De acuerdo al levantamiento de información, para las emisiones de CO₂eq provenientes del consumo de gas natural para la estufa y el funcionamiento de la caldera - fuentes fijas - se calcularon la emisión de CH₄, N₂O y CO₂, como lo establece el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, ver Tabla 11. Adicionalmente, para obtener las emisiones en CO₂eq se hizo uso del potencial de calentamiento global de cada uno, CH₄ (310) y N₂O (21).

En correspondencia con lo anterior, se hace la claridad que, en un proceso de combustión, se emiten gases como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), oxígeno (O₂) y óxidos de Nitrógeno (NOX) (Master, 2022), es decir, este proceso de oxidación no genera emisiones de N₂O, ver Figura 22. No obstante, se calculan las emisiones de este gas teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por el protocolo.

Figura 23

Proceso de Combustión - Caldera



Nota. Entradas y salidas del proceso de combustión, donde se logra identificar los gases emitidos

(m ³)			Total, emisiones (kg CO ₂ eq)				(m ³)			Total, emisiones (kg CO ₂ eq)									
			CO ₂ ²	CH ₄ ³	N ₂ O ³	CO ₂	CH ₄	N ₂ O				CO ₂ ²	CH ₄ ³	N ₂ O ³	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
C	Ene	27				53,46	0,0045	1,26E-05	1,9801	Ene	549				1087,1	0,092	3,49E-03	1.116	
A	Feb	32				63,36	0,00538	1,26E-05	65,03	Feb	3089				6116,5	0,519	1,96E-02	6.278	
F	Marzo	32				63,36	0,00538	1,26E-05	65,03	C	Marzo	2200			4356,2	0,370	1,40E-02	4.471	
F	Abr	27				53,46	0,00454	1,26E-05	54,87	A	Abr	1655			3277,1	0,278	1,05E-02	3.363	
E	May	25				49,50	0,00420	1,26E-05	50,81	L	May	2738			5421,5	0,460	1,74E-02	5.564	
T	Jun	25	1,9801	0,000168	3,36E-06	49,50	0,00420	1,26E-05	50,81	D	Jun	2267	1,9801	0,000168	3,36E-06	4488,8	0,381	1,44E-02	4.607
E	Jul	27				53,46	0,0045	1,26E-05	54,87	E	Jul	2430			4811	0,408	1,55E-02	4.939	
R	Agost	29				57,42	0,0048	1,26E-05	58,94	R	Agost	2092			4142	0,351	1,33E-02	4.252	
I	Sept.	28				55,44	0,0047	1,26E-05	56,90	A	Sept.	1768			3500	0,297	1,12E-02	3.593	
2022																			
Mes		Cm ^l (m ³)	FE (kg/m ³)			Emisiones (kg)			Total, emisiones (kg CO ₂ eq)	Mes		Cm ^l (m ³)	FE (kg/m ³)			Emisiones (kg)			Total, emisiones (kg CO ₂ eq)
			CO ₂ ²	CH ₄ ³	N ₂ O ³	CO ₂	CH ₄	N ₂ O				CO ₂ ²	CH ₄ ³	N ₂ O ³	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
C	Ene	19				37,62	0,00319	1,26E-05	38,61	Ene	1817				3597	0,305	1,26E-05	3.693	
A	Feb	26				51,48	0,00437	1,26E-05	52,84	Feb	1185				2346	0,199	1,26E-05	2.408	
F	Marzo	28				55,44	0,00470	1,26E-05	56,90	C	Marzo	1889			3740	0,317	1,26E-05	3.839	
F	Abr	35				69,30	0,00588	1,26E-05	71,13	A	Abr	1969			38988	0,331	1,26E-05	4.002	
E	May	28				55,44	0,00470	1,26E-05	56,90	L	May	2041	1,9801	0,000168	3,36E-06	40414	0,343	1,26E-05	4.148
T	Jun	34	1,9801	0,000168	3,36E-06	67,32	0,00571	1,26E-05	69,10	D	Jun	1736			34375	0,292	1,26E-05	3.528	
E	Jul	28				55,44	0,0047	1,26E-05	56,90	E	Jul	2216			4387	0,372	1,26E-05	4.504	
R	Agost	34				67,32	0,0057	1,26E-05	69,10	R	Agost	4303			8520	0,723	1,26E-05	8.745	
A	Sept.	38				75,24	0,0063	1,26E-05	77,23	A	Sept.	5196			10288	0,873	1,26E-05	10.560	
	Oct	42				83,16	0,0070	1,26E-05	85,36		Oct	3552			7033	0,597	1,26E-05	7.219	
	Nov	36				71,28	0,0060	1,26E-05	73,16		Nov	2549			5047	0,428	1,26E-05	5.180	

Dic	35	69,30	0,00588	1,26E-05	71,13	Dic	1397	2766	0,23	1,26E-05	2.839
TOTAL					778,4	TOTAL					60.665

Nota. Emisiones emitidas por año por fuentes fijas, donde se logra identificar las emisiones generadas por meses, con su respectivo consumo y factor de emisión utilizado.

1 Cm: Consumo

2 Factor de emisión Gas Natural (FECOC, 2016)

3 Factor de emisión Gas Natural emission factors by Fuel (GHG Protocol, 2017)

Tabla 11

Total, Emisiones de Fuentes Fijas

	Total, emisiones fuentes fijas (kg CO ₂ eq/año)	PORCENTAJE	
		Cafetería	Caldera
2020	41.187	2,4%	97,6%
2021	51.358	1,4%	98,7%
2022	61.443	1,3%	98,7%

Nota. Contribución de las fuentes fijas al total de emisión generadas por fuentes fijas

Para el cálculo de las emisiones provenientes del uso de montacargas, se hizo uso de los factores de emisión de fuentes estacionarios, debido a que en la base de datos de los factores de emisión publicados por el GHG Protocol no se encuentra el tipo de combustible en la tabla 12 de -Transport Fuel Use-, por lo anterior, se usó los factores de emisión de Gases licuados del petróleo de la tabla 1 de – Stationary combustion. Se calcularon la emisión de CH₄, N₂O y CO₂eq, como lo establece el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 12

Consumo de Combustible de Fuentes Móviles Año 2020-2022

2020										2021										
Mes	Cm ¹ (m ³)	Cm ¹ (m ³)	FE (kg/kg)			Emisiones (kg)			Total, emisiones (kg CO ₂ eq)	Mes	Cm ¹ (m ³)	FE (kg/m ³)			Emisiones (kg)			Total, emisiones (kg CO ₂ eq)		
			CO ₂ ²	CH ₄ ³	N ₂ O ³	CO ₂	CH ₄	N ₂ O				CO ₂ ²	CH ₄ ³	N ₂ O ³	CO ₂	CH ₄	N ₂ O			
			M	Ene	127	67							17,8	8,6	0,17	2.693	M		Ene	200
O	Feb	218	116				30,6	14,8	0,30	4.617	O	Feb	327				45,8	22,2	0,44	6925,4
N	Marzo	181	96				25,5	12,3	0,25	3.847	N	Marzo	345				48,4	23,4	0,47	7310,1
T	Abr	181	96			0,002554	25,5	12,3	0,25	3.847	T	Abr	254				35,7	17,2	0,34	5386,4
A	May	236	125				33,1	16,0	0,32	5.002	A	May	236				33,1	16,0	0,32	5001,7
C	Jun	363	193				50,9	24,6	0,49	7.695	C	Jun	181				25,5	12,3	0,25	3847,4
A	Jul	454	241	0,2642	0,12771		63,7	30,8	0,62	9.619	A	Jul	345	0,2642	0,12771	0,002554	48,4	23,4	0,47	7310,1
R	Agost	218	116				30,6	14,8	0,30	4.617	R	Agost	363				50,9	24,6	0,49	7694,9
G	Sept.	236	125				33,1	16,0	0,32	5.002	G	Sept.	308				43,3	20,9	0,42	6540,7
A	Oct	363	193				50,9	24,6	0,49	7.695	A	Oct	345				48,4	23,4	0,47	7310,1
S	Nov	290	154				40,8	19,7	0,39	6.156	S	Nov	73				10,2	4,9	0,10	1539,0
	Dic	290	154				40,8	19,7	0,39	6.156		Dic	254				35,7	17,2	0,34	5386,4
TOTAL										TOTAL										
66.946										68.485										

2022										
Mes	Cm ¹ (m ³)	Cm ¹ (m ³)	FE (kg/m ³)			Emisiones (kg)			Total, emisiones (kg CO ₂ eq)	
			CO ₂ ²	CH ₄ ³	N ₂ O ³	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
M	Ene	290	154				40,8	19,7	0,39	6155,9
O	Feb	399	212	0,2642	0,12771	0,002554	56,0	27,1	0,54	8464,4
N	Marzo	327	174				45,8	22,2	0,44	6925,4
T	Abr	381	202				53,5	25,9	0,52	8079,6

G A S	May	417	222	58,6	28,3	0,57	8849,1
	Jun	417	222	58,6	28,3	0,57	8849,1
	Jul	472	251	66,2	32,0	0,64	10003,4
	Agost	435	231	61,1	29,5	0,59	9233,9
	Sept.	635	337	89,1	43,1	0,86	13466,1
	Oct	327	174	45,8	22,2	0,44	6925,4
	Nov	562	299	79,0	38,2	0,76	11927,1
	Dic	363	193	50,9	24,6	0,49	7694,9
	TOTAL						

Nota. Emisiones emitidas por año por fuentes móviles, donde se logra identificar las emisiones generadas por meses, con su respectivo consumo y factor de emisión utilizado.

1 Cm: Consumo

La densidad del gas propano es de 1,882 kg/m³

2 Factor de emisión de la calculadora FECOC (FECOC, 2016)

De acuerdo a los cálculos anteriormente mencionados, se identificó que:

Tabla 13

Total, Emisiones de Alcance 1

108.133 (kg CO ₂ eq/ año)		
2020	PORCENTAJE	
	FJ	FM
	38%	62%
119.846 (kg CO ₂ eq/ año)		
2021	PORCENTAJE	
	FJ	FM
	43%	57%
168.017 (kg CO ₂ eq/ año)		
2022	PORCENTAJE	
	FJ	FM
	37%	63%

Nota. Contribución de las diferentes fuentes (fijas y móviles) al total de las emisiones generadas en alcance 1

Cómo se logra identificar en las emisiones de alcance 1, que el uso del montacargas para el descargue de materia prima y el cargue del producto final, genera mayor representación de emisiones de CO₂eq. en contraste con las emisiones generadas por el uso de la caldera para el funcionamiento de la microcorrugadora.

En contraste con lo anterior, los informes elaborados por GASNOVA (La Asociación Colombiana del GLP) afirman que de acuerdo al análisis del consumo de GLP (Gases licuados de petróleo) por sectores, el sector industrial fue la segunda actividad que durante los tres años (2020, 2021 y 2022) generó un mayor consumo, con una contribución del 13% (GASNOVA, 2020), 15% (GASNOVA, 2021) y 16% (GASNOVA, 2022), respectivamente. Lo anterior, se ve reflejado con el incremento en el uso del combustible en la empresa bajo estudio, ver Tabla 18.

Según la Ley del PND 2018-2022, la ley 2128 de 2021 y la Resolución MME 40342 de 2021 se pretende cambiar combustibles contaminantes (petróleo, gasolina, kerosene, alcohol, carbón mineral, leña, madera, carbón de leña y materiales de desecho) en algunos departamentos puntuales del país por GLP, motivados directamente por reducir emisiones de CO₂eq a nivel nacional, aun cuando Colombia representa solo el 0,3% del 3% de la contribución que se da desde Sur y Centroamérica

Por otra parte, en cuanto al consumo de gas natural, el sector industrial fue la segunda actividad con mayor contribución a nivel nacional con un 27% (PROMIGAS, 2020); en cambio para el 2020 lidera siendo el primer sector, participando con un ascenso al 29% (NATURGAS, 2020), lo cual se encuentra por encima de las proyecciones realizadas por Naturgas que afirmaban que para el 2030 el sector industrial iba a generar un aporte del 26% y para el 2040 28% (NATURGAS, 2021). Lo anterior, denota el crecimiento acelerado de la demanda del hidrocarburo en el sector, como es el caso de la empresa de estudio que produjo con consumo de 20.266 m³ para el 2020, 25.271 m³ para 2021 y 30.233 m³ para 2022, denotando mayormente en el uso de la caldera, lo que se ve reflejado en el aumento de emisiones de CO₂eq. por año, ver Tabla 12. Del mismo modo, en el informe de NATURGAS se confirma que el gas natural junto con las energías renovables, se vieron menos afectadas por la pandemia, lo cual acompañado de hechos como ser una opción energética más asequible y ser una alternativa más limpia y segura, logran mantener el consumo a nivel industrial.

4.2.2 Alcance 2

4.2.2.a Emisiones por el consumo de energía eléctrica. Del levantamiento de información del consumo de energía en cada uno de los años a analizar, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 14

Consumo de Energía y Emisiones de CO₂eq. de cada uno de los Años (2020 - 2022)

2020			2021			2022					
Mes	Consumo (kWh)	FE ¹	Emisiones (kg CO ₂ eq)	Mes	Consumo (kWh)	FE	Emisiones (kg CO ₂ eq)	Mes	Consumo (kWh)	FE	Emisiones (kg CO ₂ eq)
Ene	79.498		16.138	Ene	84.839		10.690	Ene	87.895		9.844
Feb	80.141		16.269	Feb	94.883		11.955	Feb	88.641		9.928
Marzo	78.742		15.985	Marzo	100.581		12.673	Marzo	102.611		11.492
Abr	76.980		15.627	Abr	90.898		11.453	Abr	91.236		10.218
May	89.658		18.201	May	81.729		10.298	May	98.854		11.072
Jun	86.939		17.649	Jun	86.479		10.896	Jun	99.653		11.161
Jul	101.510		20.607	Jul	100.558		12.670	Jul	106.760		11.957
Agost	83.900	0,2032 ²	17.032	Agost	99.745	0,126	12.568	Agost	113.386	0,112 ²	12.699
Sept.	88.011		17.866	Sept.	103.104		12.991	Sept.	110.964		12.428
Oct	88.213		17.907	Oct	98.401		12.399	Oct	110.566		12.383
Nov	87.686		17.800	Nov	98.140		12.366	Nov	105.617		11.829
Dic	62.417		12.671	Dic	72.830		9.177	Dic	73.978		8.307
TOTAL			203.750	TOTAL			140.136	TOTAL			133.320

Nota. Emisiones generadas por consumo de energía al año, donde se aprecia el consumo por agua con el respectivo factor de emisión utilizado.

1 Factor de emisión (kg CO₂/kWh)

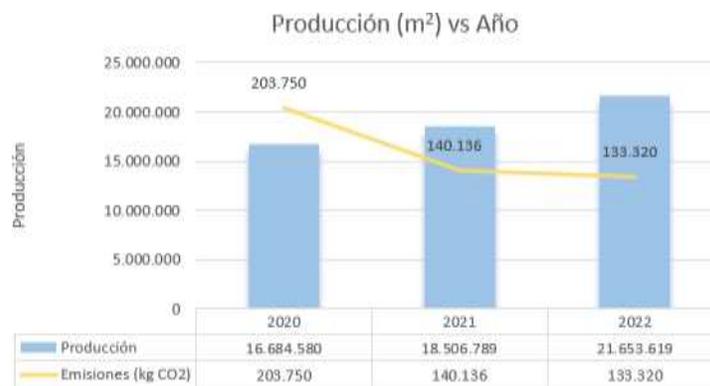
2 Factor de Calculadora UPME de cada año

De la Tabla 20, se logra evidenciar que el año 2020, el mes en el que generó mayor consumo de energía eléctrica fue en julio con 101.510 kWh; en el año 2021 septiembre, con 103.104 kWh y en el 2022 agosto, con 113.386 kWh. En contraste con lo anterior, en el 2020 se identifica que los consumos mensuales oscilan 62 y 90 kWh en su gran mayoría, mientras que en el 2021 incrementa y el consumo de energía oscila entre 73 y 101 kWh; y en el 2023 los consumos suben a estar por encima de los 73 kWh, este derivado de la demanda en la producción.

Por otra parte, acorde con la estimación del consumo de energía, se evidencia que en el año 2020 fue la temporada en que la empresa generó mayores emisiones de CO₂eq, aun cuando los siguientes años (2021 y 2022) se dio una mayor producción, ver Figura 25, lo anterior, derivado inicialmente por el factor de emisión del año 2020 debido este valor es mayor (0.1 más) que el factor emisión de los otros años. Sin embargo, el requerimiento de energía es factor fundamental para el funcionamiento tanto de procesos administrativos como operativos.

Figura 25

Huella de Carbono del Consumo de Energía Eléctrica por Años vs. Producción



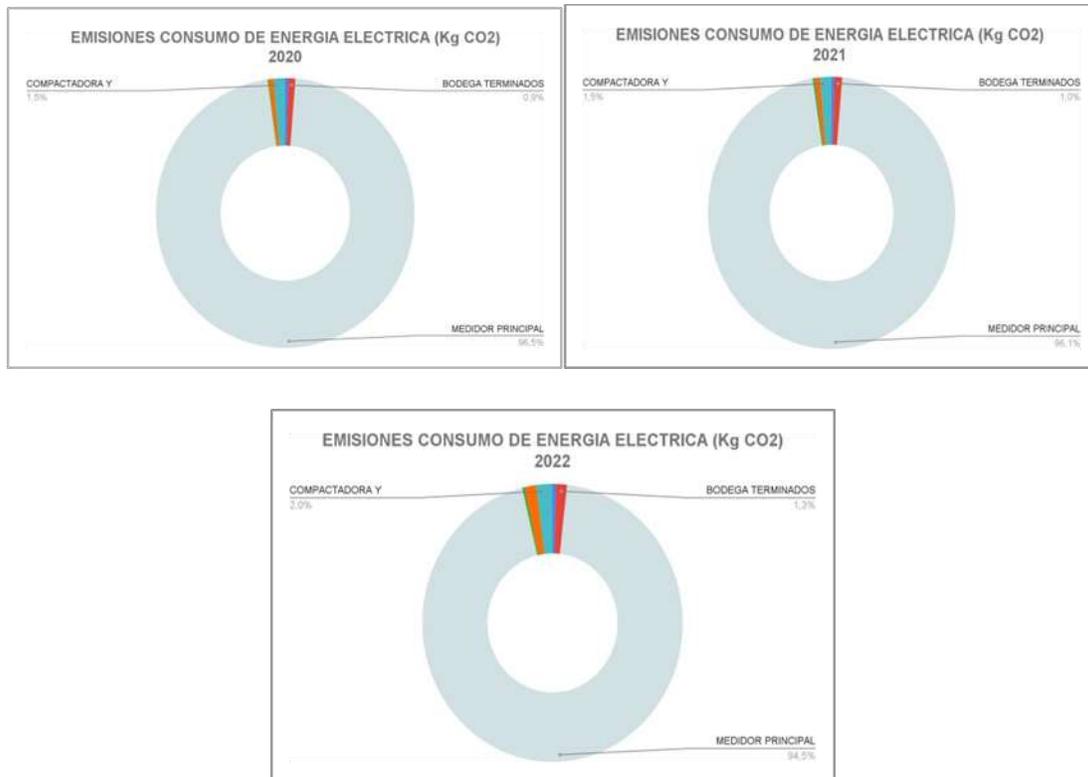
Nota. Relación de las emisiones versus producción de la empresa bajo estudio

Analizando el consumo de energía por áreas (convertidora, bodega de terminados, medidor principal, bodega colombina, corrugadora y caldera compactadora), se identifica que la mayor fuente de emisiones de CO₂eq durante los 3 años de análisis proviene del uso de energía, destinada del contador del medidor principal, siendo este el responsable en cada año en un 97%, 96.1% y 94.5%, en un promedio de 96% de la emisión de alcance 2, traduciéndose en emisión de 208 kg CO₂ (2020), 140,14 kg CO₂ (2021) y 150 kg CO₂ (2022), ver Figura 24. Seguido de ello, se

encuentra el empleo de energía para el funcionamiento de la corrugadora y compactadora en un promedio de contribución de 1.7%; cabe resaltar que el medidor principal incluye un 80% el funcionamiento de la planta.

Figura 26

Huella de Carbono del Consumo de Energía Eléctrica por Áreas (2020-2021-2022)



Nota. Contribución por área a la huella de carbono estimada, específicamente en el consumo de energía

La UPME (Unidad de Planeación Minero Energética.) en su análisis de proyecciones de la demanda de energía eléctrica y potencial máxima (2023-2037), menciona la participación sectorial de la demanda del mercado no regulado (MNR), es decir, todas aquellas empresas que presentan un alto consumo de energía (Vásquez, 2015), donde se identifica que la industria manufacturera es quien mayor tiene porcentaje de participación, ver Tabla 15, de la misma manera se aprecia que desde el 2019 el sector mantuvo una contribución hasta el 2021, y en 2022 descendió y se proyecta que en el 2023 siga la misma tendencia del año anterior.

Tabla 15*Participación Sectorial dentro de la Demanda MNR*

Año	Industrias manufactureras	Explotación de minas y canteras	Comercio al por mayor y al por menor	Administración pública y defensa	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	Otros (15 sectores)
2019	42,63%	24,54%	5,97%	5,35%	3,36%	18,16%
2020	42,70%	25,11%	5,74%	5,40%	3,68%	17,38%
2021	43,99%	24,58%	5,52%	4,99%	3,59%	17,32%
2022	41,97%	27,02%	5,26%	4,67%	3,54%	17,53%
2023	39,91%	29,59%	5,05%	4,52%	3,69%	17,25%

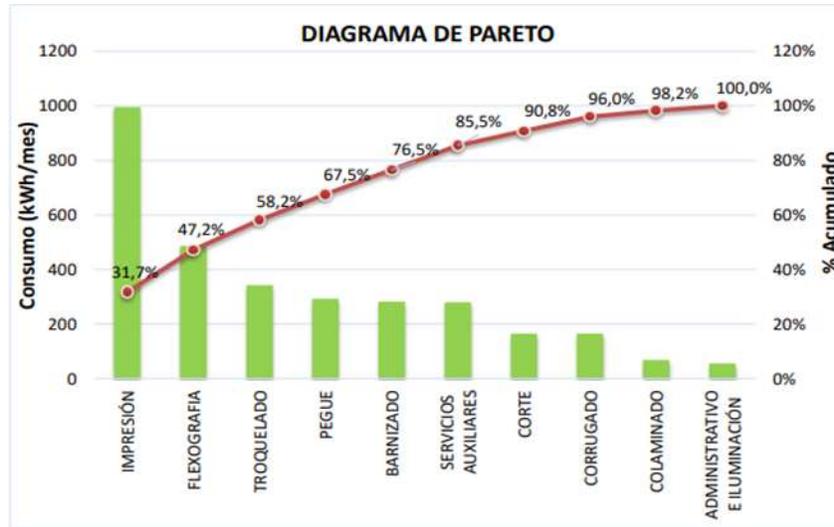
Nota. Demanda MNR publicada por la UPME (2023)

No obstante, en 2022 la demanda MNR se situó en 8,32%, donde las industrias manufactureras alcanzan crecimientos positivos de 3,33%, del mismo modo se afirma que esta industria fue la única que a diciembre de 2020 recuperó su nivel a comparación con el presentado en la prepandemia (UPME, 2023).

Finalmente, y de acuerdo con el informe de PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA elaborado por INDUCARTOS SAS en el año 2018, los procesos de Impresión consumen cerca del 32 % del total de la energía, seguido por el proceso de Flexografía, Troquelado, Pegue, Barnizado y Servicios Auxiliares, ver Figura 27.

Figura 27

Consumo de Energía eléctrica por Proceso. Tomado de Empresa de Artes Gráficas (2018)



Nota. Comportamiento del consumo de energía por maquina

4.2.3 Alcance 3

4.2.3.a Emisiones por recarga de extintores. Teniendo en cuenta que la empresa no cuenta con registros de descarga de extintores para controlar alguna emergencia presentada dentro de la misma, el cálculo de las emisiones se incluye en el alcance 3.

Del levantamiento de información realizada en la organización se identifican que cuenta con extintores clase ABC, Solkaflam 123, CO2, Class K y H2O, al revisar los factores de emisión no se encuentran para los extintores clase CO2, Class K y H2O, en este sentido sólo se tendrán en cuenta el ABC y Solkaflam 123, en la Tabla 17. se reportan los datos y las emisiones generadas

Tabla 16*Recarga y Emisiones por el Uso de Extintores*

2020					2021				
Mes	CA ¹	Unidad (kg)	GWP ²	Emisiones (kg CO ₂ eq)	Mes	CA ¹	Unidad (kg)	GWP ²	Emisiones (kg CO ₂ eq)
Feb	CO ₂	16	1	16	Feb	CO ₂	16	1	16
Jun	CO ₂	27,21	1	27,21	Jun	CO ₂	27,21	1	27,21
	Solkaflam	9	77	693		Solkaflam	16	77	1.232
Sept	CO ₂	13,6	1	13,6	Sept	CO ₂	14	1	14
Oct	Solkaflam	12,7	77	977,9	Oct	Solkaflam	52,4	77	4035
	CO ₂	13,6	1	13,6		CO ₂	14	1	14
Nov	CO ₂	4,5	1	4,5					
TOTAL				1.746	TOTAL				5.338
2022									
Mes	CA ¹	Unidad (kg)	GWP ²	Emisiones (kg CO ₂ eq)					
Feb	CO ₂	15,8	1	15,8					
Jun	CO ₂	27,21	1	27,21					
Sept	CO ₂	13,60	1	13,60					
Oct	Solkaflam	12,7	77	977,9					
Nov	CO ₂	4,54	1	4,54					
TOTAL				1.040					

Nota. Emisiones generadas por la recarga de extintores por año

1 Carga ambiental (Tipo de extintor)

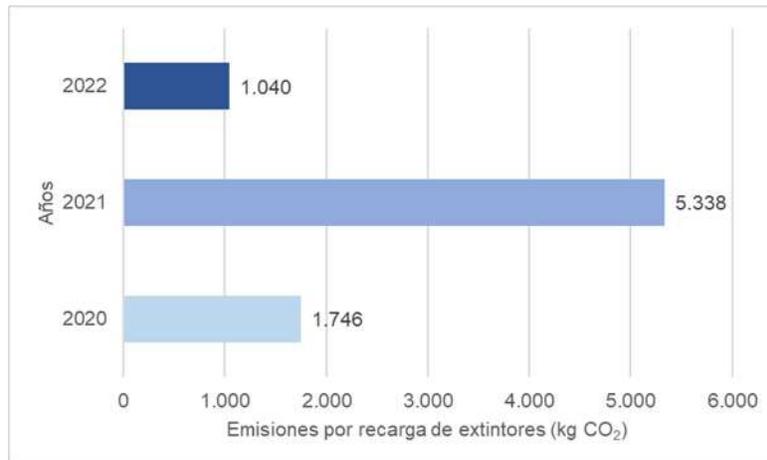
2 Potencial de calentamiento global de la IPCC- AR6 a 100 años.

De acuerdo a las recargas en cada uno de los años en estudio, se logra identificar que en el año 2021 se emitieron mayor CO₂eq provenientes de la recarga de extintores CO₂ y Solkaflam, ver

Figura 28, no obstante, se denota que esto es producto de la recarga mayormente del Solkaflam, responsable del 98% de las emisiones generadas, ver Tabla 17.

Figura 28

Emisiones Recarga de Extintores (2020-2022)



Nota. Comportamiento de las emisiones generadas por recarga de extintores por años

Según la información recolectada se evidencia que para el año 2022 se realizaron cambios de los extintores multipropósito por Solkaflam, específicamente en el área de producción donde la operación de máquinas es mayor, esta sustitución obedece a que el extintor multipropósito si bien es cierto es el único agente químico seco apropiado para combatir fuegos clase A, B y C, los residuos que deja al momento de la descarga y al entrar en contacto con superficies metálicas causan corrosión, por tanto, la opción más viable a usar en caso de una emergencia es el extintor Solkaflam. NTC 2885 (2009).

En la Tabla 17 se presenta el consolidado de emisiones generadas por los extintores Solkaflam y CO₂

Tabla 17*Consolidado de Emisiones Extintores*

Año	Extintor CO ₂ (kg CO ₂ eq)	Extintor Solkaflam (kg CO ₂ eq)	Total (kg CO ₂ eq)
2020	74,91	1.670,9	1.746
2021	71,21	5.267	5.338
2022	61,15	977,9	1.039

Nota. Emisiones de CO₂eq generadas por la recargada de extintores por año

Se realizó una revisión de las fichas técnicas de los extintores suministradas por la Empresa, encontrándose que la fórmula química del Solkaflam es “HCFC-123”, y al hacer la revisión de la normativa legal ambiental, se encuentra que en el año 2017 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo emite el Decreto 2749, establecen la prohibición en la importación de algunas sustancias agotadoras de la capa de ozono, establecidas en el Anexo C del Protocolo de Montreal, en el artículo 3; del decreto en mención, se relaciona una tabla con los nombres genéricos de las sustancias objeto de la prohibición las cuales son; HCFC-22, HCFC-123, HCFC-141b, HCFC-142b, HCFC 225 ca, HCFC -131 y HCFC-124, adicionalmente, en la revisión documental se determinó que el HCFC -123 es utilizado en Colombia para la extinción del fuego y es conocido comercialmente como “Solkaflam 123” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020), sumado a lo anterior, en el año 2022 se emite una nueva normativa la Resolución 0634 de 2022 que se enmarca en el no uso de agentes extintores establecidos en los anexos A, B y C del Protocolo de Montreal, limitando la fabricación de extintores con la sustancia HCFC-123 hasta el año 2029.

4.2.3.b Emisiones por consumo de agua. Del levantamiento de información del consumo de agua potable, se obtuvo que:

Tabla 18*Emisiones de CO₂eq por el Consumo de Agua Potable*

2020				2021			
Periodo	Consumo (m ³)	FE ²	Emisiones (kg CO ₂ eq)	Periodo	Consumo (m ³)	FE ²	Emisiones (kg CO ₂ eq)
Enero 10 / Marzo 09	176		17,6	Enero 03 / Marzo 03	166		16,6
Marzo 10 / Mayo 08	132		13,2	Marzo 4 / Mayo 3	236		23,6
Mayo 09 / Julio 07	175		17,5	May 4 / Jul 1	160		16
Julio 08 / Septiembre 04	161	0,10 ¹	16,1	Jul 2 / Agosto 30	192	0,10	19,2
Septiembre 05 / Nov 04	294		29,4	Agosto 31 / Octubre 28	179		17,9
Nov 05/Enero 02-2021	191		19,1	Octubre 29/ Diciembre 28	164		16,4
TOTAL			112,9	TOTAL			109,7
2022							
Periodo	Consumo (m ³)	FE ²	Emisiones (kg CO ₂ eq)				
Enero 03 / Marzo 03	154		15,4				
Marzo 4 / Mayo 3	156		15,6				
May 4 / Jul 1	166		16,6				
Jul 2 / Agosto 30	162	0,10 ¹	16,2				
Agosto 31 / Octubre 28	198		19,8				
Octubre 29/ Diciembre 28	193		19,3				
TOTAL			102,9				

Nota. Emisiones generadas por consumo de agua potable por año¹ Factor de emisión de Cámara y Comercio de Bogotá (CCB) y Corporación Ambiental Empresarial (CAEM)

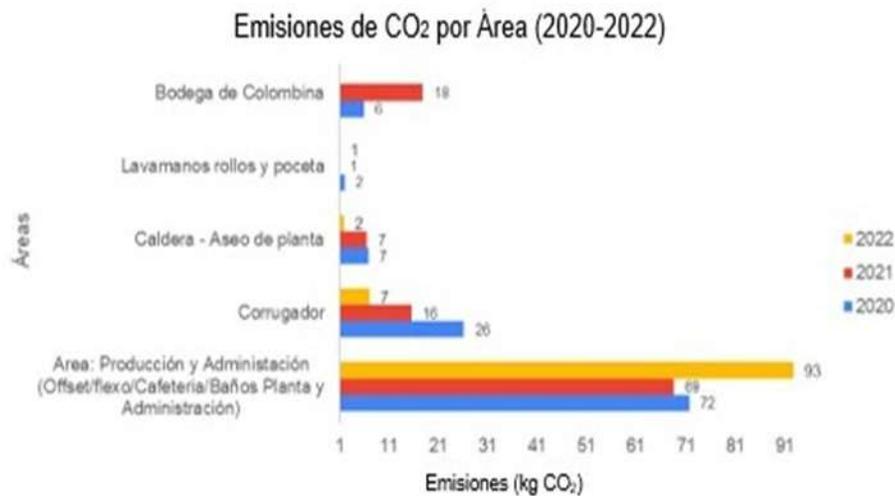
De acuerdo a los resultados obtenidos, se logra evidenciar que en el año 2020 se generó en mayor consumo de agua potable, mayormente denotado en el periodo de septiembre/noviembre, a diferencia que en el 2021 se dio un mayor consumo de agua en el periodo marzo/mayo, y el 2022

en agosto/octubre. Para lograr hacer el análisis desde las áreas para identificar puntos críticos, se obtuvo que el área de principal es la que mayormente contribuye a las emisiones por dicha actividad, ver Figura 29. Este comportamiento se debe a que el área de producción es donde se encuentran las máquinas que consumen agua para su operación como lo es el proceso de flexografía, proceso de offset, seguido de las unidades sanitarias. Conforme a lo anterior, el Estudio Nacional del Agua elaborado por el IDEAM (2022) el sector industrial realiza un uso del 20.1% del agua a nivel nacional.

Debido a que la empresa cuenta con medidores de agua por áreas, se pudo realizar un análisis más detallado evidenciando que en el año 2022, el consumo de agua proviene mayormente del área de producción y administrativa, seguido del uso de la caldera para la producción de vapor en el proceso de corrugado, en cuanto al año 2021 de igual manera se ve mayor uso de agua en el área de producción y administrativa, seguido de la bodega colombina, y, por último, en el año 2020 se tiene el mismo comportamiento que en el año 2022, como se puede evidenciar en la Figura 29.

Figura 29

Emisiones de CO₂eq por Consumo de Agua Potable (por área)



Nota. Emisiones generadas por área (Consumo de agua potable)

De lo expuesto anteriormente, se lleva a identificar que los valores de producción, que van en aumento con el paso de los años, no se encuentran directamente relacionado con el consumo de agua, debido a que como se evidencia en la Tabla 19, el consumo disminuye.

Tabla 19*Consolidado Emisiones de CO₂eq, por el Consumo de Agua Potable*

Emisiones por consumo de agua (kg CO ₂ eq/año)	
2020	113
2021	110
2022	103

Nota. Consolidado de emisiones generadas por el consumo de agua potable

No obstante, es de resaltar que, dentro de las materias primas del sector, no menos importante, se encuentra el agua, que debe ser controlada y adecuada para el proceso productivo mediante la adecuación térmica y química, no obstante, se habla de un problema ambiental debido a que se cuestiona por su uso excesivo e incluso innecesario. Dicho consumo se genera principalmente en etapa de impresión, utilizado para el lavado de películas o planchas para la eliminación de químicos restantes. Por su lado, la línea de Offset el agua presenta ser un papel fundamental ya que:

Debe “Utilizarse como base para la solución de mojado, como complemento humidificador de la plancha. El agua corriente no es apta para este proceso debido a una tensión superficial demasiado elevada que produciría contracciones en el papel; debe de ser tratada con alcoholes y aditivos correctores del pH que aumenten el poder humidificador del agua sin provocar tensiones en la fase de secado” (Comisión Interempresarial Municipal de Protección Ambiental de Rosario, 2010, p.16).

4.2.3.c Emisiones por consumo papel bond. En la industria gráfica las principales materias primas son los sustratos como el papel, metal, plásticos y aluminio (Ministerio de Medio Ambiente, 2005). A continuación, se relaciona el listado de sustratos usados en la producción de la empresa para los años 2020, 2021 y 2022, donde se puede evidenciar que los papeles más usados en la producción son; la cartulina optima, clásica básica FSC MIX 80%, y el propalcote.

Tabla 20*Sustratos Usados en la Producción*

Tipo de papel/sustrato	Año					
	2020		2021		2022	
	m ²	%	m ²	%	m ²	%
BASICA FSC MIX 80%	71.748,76	4%	541,01	0%	677,53	0%
BASICA FSC MIX 90%	3.409,32	0%	11.592,86	1%	12.752,15	1%
BOND	7.443,95	0%	12.367,64	1%	16.498,13	1%
BOND LAMINADO CON FOIL	21.865,24	1%	27.172,08	3%	37.285,12	3%
CART METSA	0,00	0%	30,03	0%	33,03	0%
CART. ANTIGASO EARTH PACH	0,00	0%	87,01	0%	95,71	0%
CHIP PLEGABLE	0,00	0%	176,67	0%	194,34	0%
CLASICA FSC MIX 80%	175.088,63	11%	116.277,20	14%	129.690,16	9%
CLASICA FSC MIX 90%	40.110,24	2%	4.938,27	1%	11.733,61	1%
CMPC	45.513,49	3%	43.675,79	5%	48.043,37	3%
EARTH PACK NATURAL	75.019,66	5%	36.346,52	4%	56.036,19	4%
ESMALTADO 80 GS	12.140,21	1%	6.203,36	1%	1.992,19	0%
FONTIMEDIO	358,05	0%	1.198,73	0%	1.665,10	0%
FORTRES	38.500,57	2%	41.771,42	5%	75.479,48	5%
MB Pro FBB OBA Free	88,93	0%	771,08	0%	970,27	0%
CARTULINA OPTIMA	917.482,30	55%	442.751,98	52%	767.863,38	52%
PETG 45 MICRAS	431,51	0%	1.386,22	0%	1.524,84	0%
TERMOENCOGIBLE						

POLIETILENO MIRRORFLEX	562,85	0%	0,00	0%	0,00	0%
PP BLANCO/METALIZADO	8.076,70	0%	5.215,25	1%	7.756,42	1%
PROPALCOTE	124.157,20	7%	50.640,92	6%	135.669,53	9%
PROPALMATE	0,00	0%	90,94	0%	127.979,33	9%
PROPALPAC MG BLANCO	248,98	0%	7837,05	1%	8.620,76	1%
PROPALPOLY PVP NATURAL	8.983,50	1%	843,72	0%	928,09	0%
PVC 40 MICRAS (FUNDAS) - FLEXO	1.318,23	0%	412,34	0%	453,57	0%
ROLLO LINER	11.543,03	1%	9164,42	1%	10.080,86	1%
SIGLE FACE KRAFT	9.131,62	1%	22,64	0%	24,90	0%
ULTRA FSC MIX 80%	83.407,40	5%	28.375,45	3%	31.290,00	2%
TOTAL	1.656.630	100%	849.890	100%	1.485.338	100%

Nota. Tipos de papel utilizados en la empresa de Artes Gráficas.

Conforme a la revisión teórica, sólo se logró encontrar factor de emisión para el papel conocido como “Bond”, adicional a lo anterior, y de acuerdo a la información suministrada por la empresa, este tipo de papel sólo representa del 1 al 3% del usado para la producción, es por ello que en la presente investigación se puede excluir del cálculo de la huella de carbono, no obstante, para el presente proyecto se realizó el ejercicio del cálculo de esta fuente de emisión.

4.2.3.d Emisiones por la gestión de residuos. A nivel de residuos, el proceso de producción de la industria gráfica genera diversidad, que se pueden clasificar como peligrosos y no peligrosos, entre ellos, papel, cartón, plásticos, contaminados con tintas y no contaminados, residuos derivados de la limpieza de material final y de las máquinas (Fonseca, 2017), además, de paños sucios, residuos de pegamento, placas usadas y restos de papel (Ministerio del Medio Ambiente, 2005); conforme a lo anterior, se obtuvo un levantamiento de información del manejo y gestión de los residuos generados en la empresa, se logró identificar la generación de cada tipo de residuo en cada uno de los años.

Por un lado, en el año 2020 se evidencia la generación de residuos como lo son los sólidos contaminados, Elementos de Protección Personal (EPP's), elementos de prevención y limpieza contaminados utilizados por los diferentes trabajadores, aceites usados y contaminados resultantes del mantenimiento de maquinaria, recipientes contaminados, luminarias de mercurio y RAEE's, ver Tabla 21. Del mismo modo, se identifica que el residuo que se genera en mayor proporción los sólidos contaminados, siendo este el 76% del total de residuos, seguido los recipientes contaminados (10%) y EPP's (6%), dando un total de 6.454 kg de residuos al año. Los residuos sólidos contaminados son producto del proceso de limpieza de las planchas, mantenimiento de las máquinas y del proceso de preparación de tintas.

Tabla 21

Generación de Residuos para el Año 2020

2020							
Cantidad recogida (kg)							
Mes	Sólidos contaminados	EPP - Emergencia COVID (Biosanitarios)	Elementos de prevención y limpieza contaminados	Aceites usados y/o contaminados	Recipientes contaminados o impregnados	Luminarias de mercurio	RAEE's
Ene	360	0	0	0	0	0	0
Febrero	595	0	0	0	0	0	0

Marzo	570	0	0	0	0	0	0
Abr	400	80	0	0	0	0	0
May	500	0	0	0	0	0	0
Jun	388	0	0	0	0	0	0
Jul	506	0	10	0	0	0	0
Agost	420	0	20	0	0	0	0
Sept	650	0	0	0	0	0	0
Oct	713	0	10	0	0	0	0
Nov	0	40	0	340	295	117	0
Dic	0	0	0	0	400	20	20
TOTAL	5.102	120	40	340	695	137	20

Nota. Generación de kg por residuos dispuesto en el año 2020

En cuanto al año 2021, se evidencia que, al igual que el año anterior, los sólidos contaminados representan la mayor proporción de residuos que se generan dentro de la empresa en un 77%, seguido del aglomerado (8.4%), tejas de asbesto y tejas contaminadas (5.3 %); logrando anualmente 13.638 kg de residuos, ver Tabla 28. El residuo nombrado como aglomerado es proveniente de las tapas de las bobinas de materia prima; del mismo modo, se identifica que la generación de residuos de tejas son resultado del mantenimiento y cambio locativo de la cubierta de la empresa, para asegurar un estado óptimo de la misma.

Tabla 22

Generación de Residuos para el Año 2021

2021								
Mes	Cantidad recogida (kg)							
	Sólidos contaminados	Aceites usados y/o contaminados	Isotankes impregnados y contaminados - Plast. de tejo contaminada	Colaminado y corrugado	Tejas de asbesto - Tejas plásticas contaminadas	Aglomerado - Mogolla de aglomerado	Pilas	Llantas usadas
Ene	1.220	0	0	0	0	0	0	0
Febr	860	390	100	0	0	0	0	0
Marz	550	0	190	0	0	0	0	0
Abr	1.060	0	0	0	70	0	0	0
May	450	0	0	0	0	0	0	0
Jun	1.100	0	40	0	80	1.020	17,5	130
Jul	750	0	70	240	0	0	0	0
Agost	710	0	60	110	0	0	0	0
Sept	380	0	0	270	0	0	0	0
Oct	600	0	0	150	420	0	0	0
Nov	200	0	300	310	0	0	0	0
Dic	1.330	0	0	460	0	0	0	0
TOTAL	9210	390	760	1540	570	1020	17,5	130

Nota. Generación de kg por residuos dispuesto en el año 2021

Por último, para el año 2022 se contrasta, al igual que los anteriores años, que los residuos sólidos contaminados (76%), son los que se genera con mayor intensidad, seguido de los desechos resultantes de pegamentos (19 %) y el restante dividido en residuos como aceites usados, RAEE's, luminarias y EPP's, dando como resultado el total de 9.741 kg de residuos al año.

Tabla 23*Generación de Residuos para el Año 2022*

2022						
Mes	Cantidad recogida (kg)					
	Sólidos contaminados	Aceites usados y/o contaminados	Desechos resultantes de la utilización de pegamentos	RAEE's	Luminaria de mercurio	EPP - Emergencia COVID
Ene	200	0	40	0	0	0
Febr	345	0	0	14	21	0
Marzo	612,2	161	398	0	0	0
Abr	539	0	0	0	2	1
May	479	0	214	0	2	0
Jun	597	0	0	0	0	0
Jul	714	0	274	20	0	0
Agost	919	101	227	5	49	0
Sept	344	0	228	0	0	0
Oct	554	0	219	0	13	0
Nov	1.001	0	621	0	5,3	0
Dic	490	97	232	0	3,5	0
TOTAL	6.794,2	359	2453	39	96	1

Nota. Generación de kg por residuos dispuesto en el año 2022

Lo anterior, permite identificar que el año en el que se generaron mayores residuos fue en el 2021, superando al 2020 por más de 5.000 kg de residuos y 2022 por más de 2.000 kg.

El factor de emisión por residuos se estableció conforme a la metodológica indicada del presente documento (3. Metodología), en la Tabla 30 se agruparon los residuos según el tratamiento de disposición al que fueron sometidos.

Tabla 24*Tratamiento según Tipo de Residuo*

Tratamiento	Tipo de residuo	Destino
Celda	Sólidos contaminados	TECNIAMSA - Parque tecnológico Ambiental La Sabana
	Recipientes contaminados o impregnados	
	Isotanques Impregnados y contaminados	
	Tejas de asbesto	
	Cancha de tejo contaminada	
	Llantas usadas	
	Tejas plásticas contaminadas	
	Aglomerado	
Incineración	EPP - Emergencia COVID	TECNIAMSA - Parque tecnológico Ambiental La Sabana
	Elementos de prevención y limpieza contaminados	
Solidificación y celda	Aceites usados y/o contaminados	TECNIAMSA - Parque tecnológico Ambiental La Sabana TRACOL - Tratamientos y rellenos ambientales de Colombia
Aprovechamiento RESPEL	Luminarias de mercurio	TECNIAMSA - Parque tecnológico Ambiental La Sabana
Posconsumo	RAEE`s	
Recuperación	Pilas	-

Nota. Disposición por tipo de residuo generado dentro de los procesos administrativos y operacionales de la empresa.

Conforme a los datos de generación residuo por año obtenidos y de acuerdo a la revisión bibliográfica se identificaron factores de emisión por tipo de tratamiento, como se puede evidenciar en las siguientes tablas:

Tabla 25*Emisiones de CO₂eq por Disposición de Residuos (2020)*

Residuo	2020		
	Cantidad (kg)	FE	Emisiones (kg CO ₂ eq)
Sólidos contaminados	5102	No reporta	0
EPP - Emergencia COVID	120	0,572	68,64
Elementos de prevención y limpieza contaminados	40	1,386	55,44
Aceites usados y/o contaminados	340	0,0347	11,79
Recipientes contaminados o impregnados	695	No reporta	0
Luminarias de mercurio	137	No reporta	0
RAEE`s	20	0,0846	1,69
TOTAL	6.454		138

Nota. Emisiones emitidas por disposición de residuos (peligrosos y no peligrosos) 2020**Tabla 26***Emisiones de CO₂eq por Disposición de Residuos (2021)*

Residuo	Cantidad (kg)	2021	
		FE (kg CO ₂ /kg de residuo)	Emisiones (kg CO ₂ eq)
Sólidos contaminados	9210	No reporta	0
Tejas de asbesto - Tejas plásticas contaminadas	570	No reporta	020
Aglomerado - Mogolla de aglomerado	1020	No reporta	0
Aceites usados	390	0,0347	13,533
Colaminado y corrugado	1540	No reporta	0
Isotanques impregnados y contaminados - Plast.	760	No reporta	0
contaminado - Cancha de tejo contaminada			
Pilas	17,5	No reporta	0

Llantas usadas	130	No reporta	0
TOTAL	13.638		13,53

Nota. Emisiones emitidas por disposición de residuos (peligrosos y no peligrosos) 2021

Tabla 27

Emisiones de CO₂eq por Disposición de Residuos (2022)

2022			
Residuo	Cantidad (kg)	FE	Emisiones (kg CO ₂ eq)
Aceites usados	359	0,0347	12,46
Desechos resultantes de la utilización de pegamentos	2.453	No reporta	0
EPP's	1	0,572	0,572
Luminarias	96	No reporta	0
RAEE's	39	0,0846	3,30
Sólidos contaminados de pinturas	6.794	No reporta	0
TOTAL	9.741		16,333

Nota. Emisiones emitidas por disposición de residuos (peligrosos y no peligrosos) 2022

4.2.3.e Emisiones por Vuelos Aéreos Corporativos. La empresa cuenta con clientes a nivel nacional, los clientes están ubicados en las ciudades de Medellín, Barranquilla, Cali y Pereira, por lo anterior, son los destinos frecuentes a los que los colaboradores de la parte comercial viajan, es menester, reiterar que la empresa cuenta con una única sede en la Ciudad de Bogotá.

De la información suministrada por la empresa sobre los viajes realizados por colaboradores y haciendo uso de la “Calculadora de emisiones de carbono de la ICAO (ICEC)” se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 28*Emisiones por Viajes*

Año	Detalle	Origen	Destino	Emisión CO ₂ eq Total, de pasajeros/viaje (kg)
2020	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira	61,80
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira	61,80
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	71,40
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	71,40
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Barranquilla	150,40
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,80
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,80
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,80
	Total			674,2
2021	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	71,4
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira	61,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,8
	Ida una (1) persona	Cali	Bogotá	42,9
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cartagena	143,2
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cartagena	143,2
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	71,4
	Total			877,1
2022	Ida una (1) persona	Bogotá	Cali	42,9
	Regreso una (1) persona	Cali	Bogotá	42,9
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira	61,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	71,4
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Pereira	61,8
	Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	85,8
	Ida dos (2) persona	Bogotá	Pereira	123,6

Regreso dos (2) personas	Pereira	Bogotá	123,6
Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	71,4
Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	71,4
Ida una (1) persona	Bogotá	Barranquilla	75,2
Regreso una (1) persona	Barranquilla	Bogotá	75,2
Ida una (1) persona	Bogotá	Barranquilla	75,2
Regreso una (1) persona	Cartagena	Bogotá	72,2
Ida una (1) persona	Bogotá	Barranquilla	75,2
Regreso una (1) persona	Cartagena	Bogotá	71
Ida una (1) persona	Cali	Bogotá	42,9
Regreso una (1) persona	Bogotá	Cali	42,9
Ida y Regreso una (1) persona	Bogotá	Medellín	77,4
Ida y Regreso una (1) persona	Medellín	Bogotá	71,4
Total			1.606,8

Nota. Emisiones generadas por vuelos nacionales

Los datos consolidados del año 2021 y 2022 se relacionan a continuación:

Tabla 29

Resultado de Emisiones por Viajes año 2020,2021 y 2022

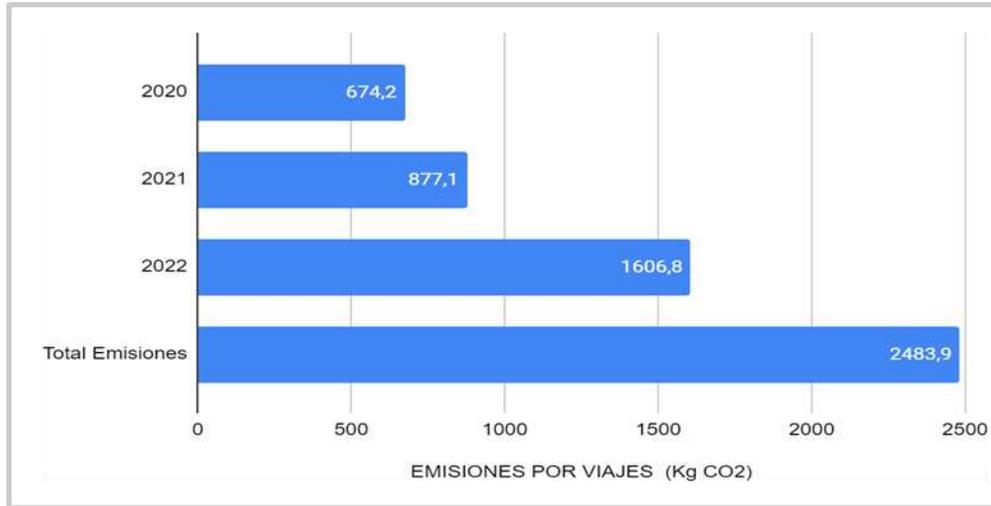
Año	Emisión CO ₂ eq. total, de pasajeros/viaje (kg)
2020	674,2
2021	877,1
2022	1.606,8

Nota. Consolidado de emisiones por vuelos nacionales (por año)

Conforme a la anterior información, se puede evidenciar que las emisiones por viajes para el año 2022 aumentaron en un 6% con respecto al año 2021, esto obedece a la estabilización de la economía después de la pandemia que inició en marzo de 2020, adicionalmente, los destinos relacionados en la Tabla 29. Son las ciudades donde la empresa tiene clientes (Cali, Pereira, Medellín y Barranquilla), a continuación, se relacionan las emisiones totales por cada año de análisis

Figura 30

Emisiones por Viajes Años 2020, 2021 y 2022



Nota. Grafica de emisiones por vuelos nacionales realizados por la empresa en cada uno de los a analizar.

Finalmente, se puede concluir que el mayor porcentaje en las emisiones totales del alcance 3 son generadas por recarga de extintores, como se puede observar en la Tabla 31, donde se tiene que para el año 2020 el 66% de las emisiones totales se debe a la recarga de extintores, para el año 2021 el 84% y para el 2022 el 38%.

Figura 31

Consolidado de Emisiones Alcance 3

Fuente	Año		
	2020	2021	2022
Emisiones por recarga de extintores (kg CO ₂ eq)	1.746 66%	5.338 84%	1.039 38%
Emisiones por consumo de agua (kg CO ₂ eq)	113 4%	110 2%	103 4%
Emisiones por residuos peligrosos (kg CO ₂ eq)	105 4%	14 0,22%	16 0,57
Emisiones por viajes (kg CO ₂ eq)	674 26%	877 14%	1607 58

Total	2.638	6.339	2.765
-------	-------	-------	-------

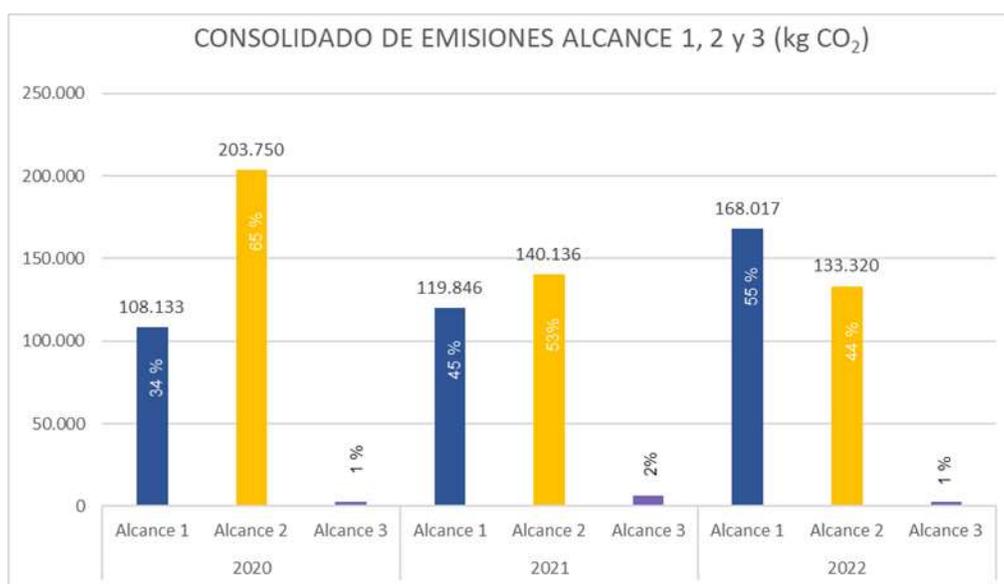
Nota. Consolidado de emisiones generadas en alcance 3

4.2.4 Consolidación de alcance por años

En la Figura 32 se relaciona la cantidad de emisiones generadas para cada año tomado para el cálculo de la huella de carbono discriminado por los alcances uno, dos y tres, observándose que para el año 2020 y 2021 que el alcance con mayores emisiones son del alcance 2, el cual contempla el consumo de energía eléctrica, a diferencia del año 2022 donde el alcance con mayor emisión es el alcance 1. derivados del consumo de combustibles como el gas natural y el gas propano.

Figura 32

Distribución de la Huella de Carbono por Alcances de los años 2020, 2021 y 2022



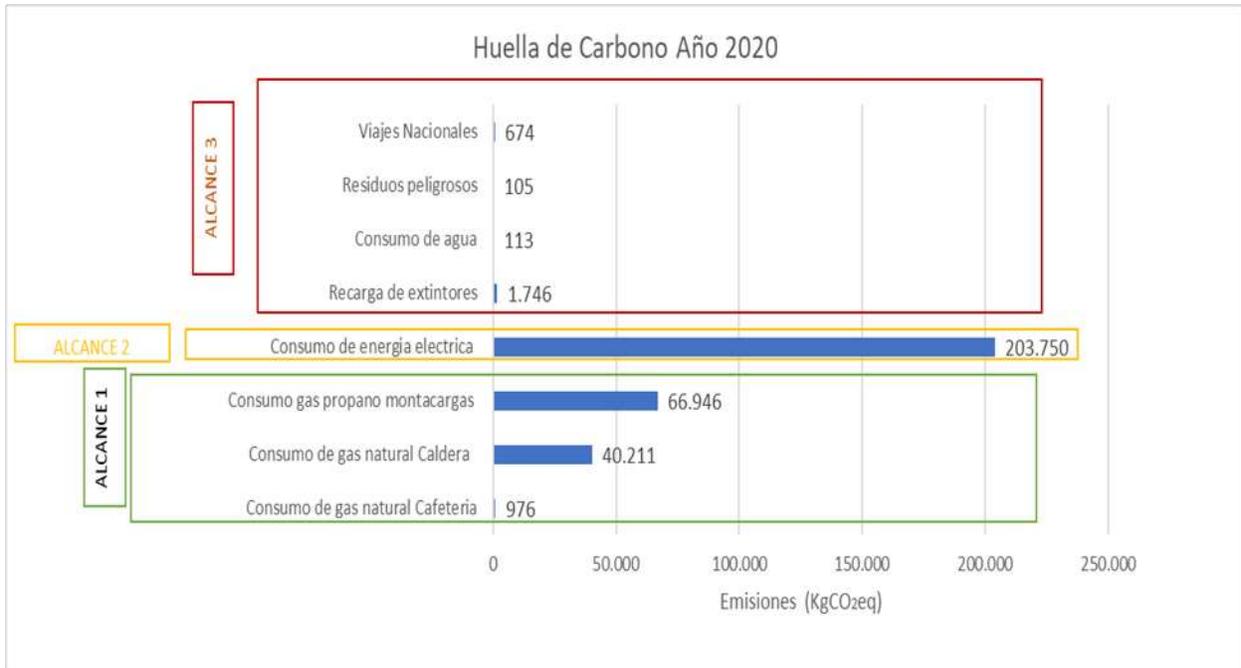
Nota. Emisiones de alcance 1,2 y 3 en cada uno de los años analizados

En el 2020 se evidencia una contribución a la huella de carbono en un 65% por consumo de energía equivalente a la emisión de 203.750 kgCO₂eq/ año, seguido de 34% de consumo de combustible equivalente a la emisión de 108.133 kg CO₂eq/ año, y, por último, el alcance 3 con aporte del 1% con emisiones equivalentes a 2.638 kg CO₂eq/ año, ver Figura 29

En la siguiente figura, se grafican las emisiones por alcance para el año 2020.

Figura 33

Huella de carbono HdC- Año 2020

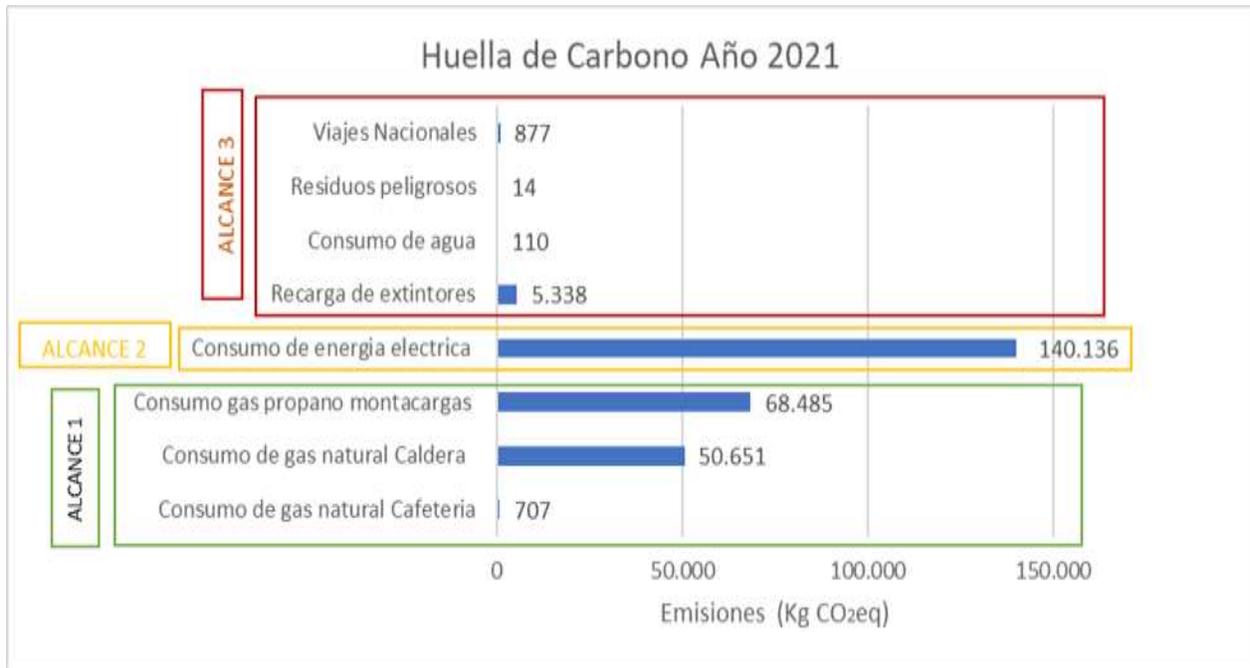


Nota. Consolidado de emisiones del año 2020 con sus respectivos análisis por alcance

Para el año 2021, ver Figura 29, se evidencia una contribución a la huella de carbono en un 53% por consumo de energía equivalente a la emisión de 104.136 kgCO₂eq/año, seguido de 45% de consumo de combustible equivalente a la emisión de 119.843 kg CO₂eq/año, y, por último, el alcance 3 con aporte del 2% con emisiones equivalentes a 6.399 kg CO₂ eq/año, en la siguiente figura se puede ver el comportamiento.

Figura 34

Huella de carbono HdC- Año 2021

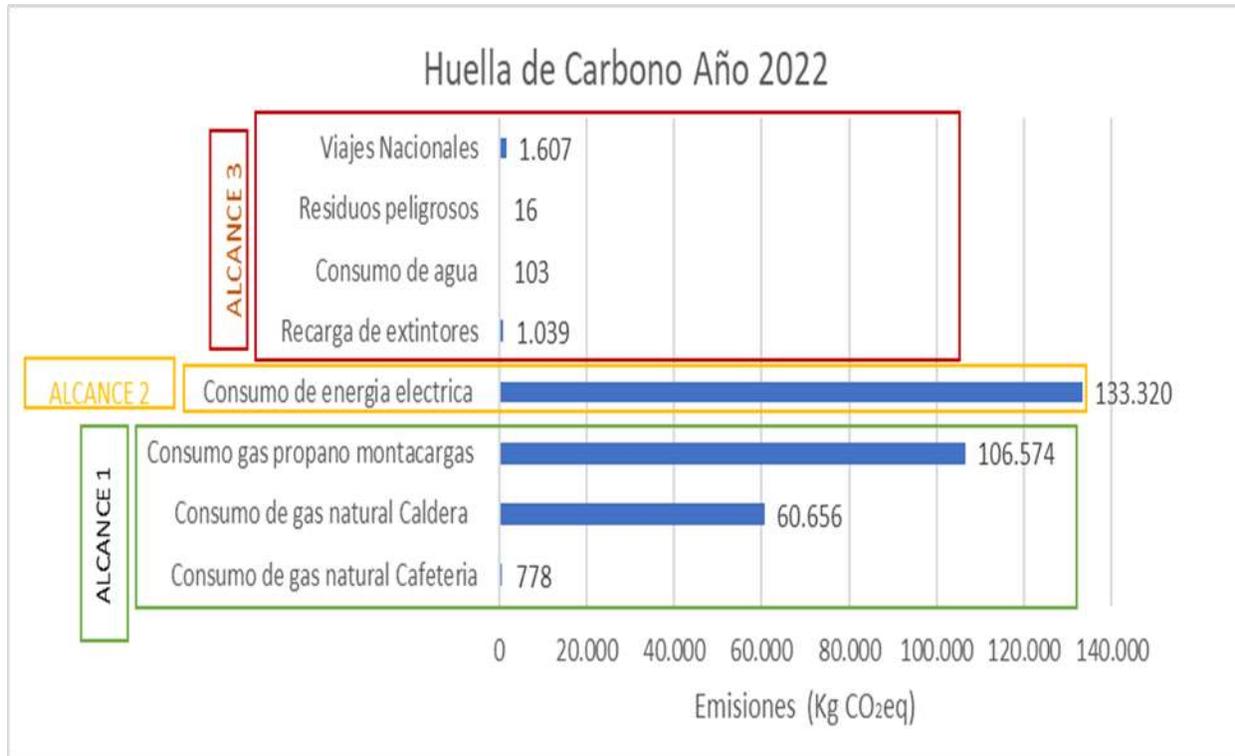


Nota. Consolidado de emisiones del año 2021 con sus respectivos análisis por alcance

En la Figura 35 se puede observar que para el año 2022, se presentó una contribución a la huella de carbono en un 55% por consumo de combustible (gas natural más gas propano) equivalente a la emisión de 168.017 kgCO₂eq/año, seguido de 44% de consumo de energía eléctrica equivalente a la emisión de 133.320 kg CO₂eq/año, y, por último, el alcance 3 con aporte del 1% con emisiones equivalentes a 2.765 kg gCO₂eq/año.

Figura 35

Huella de Carbono HdC- Año 2022



Nota. Consolidado de emisiones del año 2022 con sus respectivos análisis por alcance

En este contexto el aporte más alto de gases de efecto invernadero que ha generado la empresa caso de estudio bajo los tres años de análisis, correspondió al año 2020 con una huella de 314.521 kg de CO₂eq, seguido del 2022 con 304.102 kg de CO₂eq y finalizando con 2021 con 266.318 kg de CO₂eq. Lo anterior, excluyendo los procesos tercerizados como el transporte terrestre de colaboradores, Tratamiento de aguas residuales no domésticas (ARnD), uso de sustratos (papel), debido a que no se contó con datos verificables y representativos que permitan estimar una huella de carbono real.

Como se logra apreciar el alcance que denotó mayores emisiones en promedio fue el alcance 2, lo cual presenta ser el punto crítico dentro de la empresa, en donde se enfocaron las alternativas propuestas. En relación con lo anterior, según datos del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), entidad pública de España, al ritmo en el hoy en día se está en 35 años se

duplicará el consumo a nivel mundial y en menos de 55 años este consumo se triplicará (Riaño, 2016), seguido del uso de combustibles fósiles (gas natural y gas propano).

El alcance 3, resulta ser insignificante el aporte de las emisiones totales, no obstante, teniendo en cuenta que en este alcance se identificó el uso de extintores Solkaflam, que se encuentran bajo regulaciones ambiental debido al potencial de afectación a la capa de ozono, por lo tanto, resulta importante establecer como acción la sustitución de estos extintores por otros más amigables con el medio ambiente.

4.2.5 Indicador (kg CO₂/m²)

Conforme a las emisiones generadas por los años y la producción en cada uno de ellos se obtuvo que:

Tabla 30

Indicador por años kg CO₂/m²

Año	Indicador
2020	0,018
2021	0,014
2022	0.014

Nota. Cantidad de kg de CO₂ emitido por m² de producción en cada uno de los años analizados.

En la tabla 30, se logra apreciar que durante los 3 años se establece en promedio de emisión de 0,01 kg CO₂ por producción de m², lo cual indicaría que los procesos productivos de la empresa funcionaron de manera semejante en los años.

4.3 Etapa 3: Priorización de alternativas aplicables

Conforme a la metodología descrita en el apartado tres (3) - Metodología y las alternativas encontradas para aplicar en la empresa bajo interés según los puntos críticos identificados en el cálculo de huella de carbono se propone la aplicación de las siguientes alternativas, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el objetivo dos, donde se pudo evidenciar que la mayor fuente de emisiones son las generadas por el consumo de energía., seguida del consumo de combustibles fósiles.

4.3.1 Sensores de movimiento

Como alternativa para la disminución de emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica, se propone la implementación de sistemas de sensores de movimiento, en las áreas de la empresa que sea posible hacerlo. Lo anterior, teniendo en cuenta que en el área de producción dicha actividad no se podría llevar a cabo debido a que este trabajo 24 horas. La implementación de los sensores de movimiento es conveniente para reducir el consumo eléctrico (Villavicencio, 2018) lo que se vería reflejado en una reducción en los costos de dicho servicio. De acuerdo a un estudio realizado por Energy Center of Wisconsin (organización privada sin ánimo de lucro, enfocada en programas de eficiencia energética) los mecanismos como temporizadores y sensores de movimiento reducen en un 60% el consumo energético (Endesa, s. f.).

Actualmente, la empresa cuenta con sensores de movimiento en pasillo de terminados (3 sensores), baño de mujeres y hombres (2 sensores), casilleros de mujeres (1 sensor) y casilleros de hombres (2 sensores), oficina administrativa (2 sensores), cuarto de Respel (1 sensor), entre otros,), entre otros, ver 7.2 registro fotográfico; sin embargo, se pretende ampliar el alcance del sistema de sensores a infrarrojos que tienen un detección de 6 metros, para contribuir en la reducción de consumo eléctrico en zonas que sea viable la implementación del mismo.

Es por lo anterior que las zonas en las que se propone implementar son: en la zona de producto terminado (2 sensores), cuarto de planchas (1 sensor), enfermería (1 sensor), sala de lactancia (1 sensor).

Conforme al movimiento en las áreas propuestas a implementar los sensores, se proyecta que si los sensores que ya se encuentran instalados funcionan de forma óptima y se agrega los sensores mencionados, se espera dejar de emitir cerca de 8.959 kg CO₂ al año (con el factor de emisión de 2022).

De acuerdo a los precios de referencia de la plataforma de comercio de mercado libre el valor promedio de un sensor es de \$ 30.000 pesos cada uno (Mercado Libre, 2023).

En cuanto a criterios técnicos, los sensores de movimiento son usados para el control de iluminación, su función es activar o desactivar automáticamente el mecanismo eléctrico al que están conectados (lámparas o bombillos) cuando detectan o no, la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado, ahora bien, los sensores denominados “infrarrojos” permiten

detectar los movimientos más leves, debido a que detectan la radiación térmica (Domínguez, 2014), adicionalmente, estos dispositivos pueden ser instalados por el personal de mantenimiento de la empresa, en cuanto al ámbito económico y de acuerdo a valores comerciales de los sensores, se establece un gasto inicial de \$ 150.000 y por último, a nivel ambiental la instalación de estos sistemas contribuirán en la reducción del consumo de energía lo cual se relaciona directamente con las emisiones de GEI (Mera & Zambrano, 2018) generadas desde el alcance 2; como lo evidencia Mera & Zambrano (2018) en su estudio, donde se identificó que es factible el ahorro de energía con el uso de los sensores de presencia.

4.3.2 Implementación de paneles solares

La presente alternativa como medida para la disminución de la huella de carbono en la empresa objeto de estudio, se fundamenta en la información encontrada en la revisión bibliográfica, la cual se relaciona a continuación; según la Ley 1715 de 2014 que tiene como objetivo “promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético” (Ley 1715, 2014)

Por otro lado, (Padron, 2023), realizó un estudio de actualización de la huella de carbono de la Universidad Católica Andrés Bello – Sede Montalbán para el año 2022, donde concluye que las emisiones generadas del consumo de energía se han reducido considerablemente debido a la implementación de aulas de energía ecoamigable, techos verdes y paneles fotovoltaicos, así mismo, en el año 2022 se realizó el estudio “Tecnologías Limpias Paneles Solares Red de Salud del Oriente “en la ciudad de Cali, donde se indica que “ teniendo en cuenta los cambios climáticos a nivel mundial y el compromiso de los mandatarios de todo el mundo con relación a la reducción de la huella de carbono Reducción de la huella de carbono, determino dar un paso adelante en el cuidado del cambio climático y reducción de la huella de carbono. Es por esto que decide formular un proyecto de instalación de paneles solares en el hospital Carlos Holmes Trujillo y seis (6) centros de salud de mayor afluencia de usuarios y a su vez con mayor consumo energético, esto con el fin de reducir la huella de carbono y de paso como consecuencia positiva dar un alivio financiero a los pagos por concepto de consumo de energía” (Molina, 2022)

Por último, (Castañón, 2023) indica como resultado del estudio denominado “Estimación de la Huella de Carbono y elaboración de plan de transición energética mediante análisis multicriterio de un centro de educación superior”, que la mejor alternativa para la reducción de las emisiones es la instalación de paneles solares para la generación de energía para suplir la demanda eléctrica total de la a Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE).

Se puede evaluar aprovechamiento de la energía solar para la generación de energía eléctrica en la planta como fuente principal o de respaldo, teniendo en cuenta que la cubierta de la empresa presenta un potencial para la posible instalación de paneles solares, en la siguiente Figura 33 se puede observar la cubierta con la que cuenta la empresa objeto de estudio, el área disponible corresponde a 3.356,24 metros cuadrados (m²) aproximadamente.

Figura 36

Cubierta Empresa de Estudio



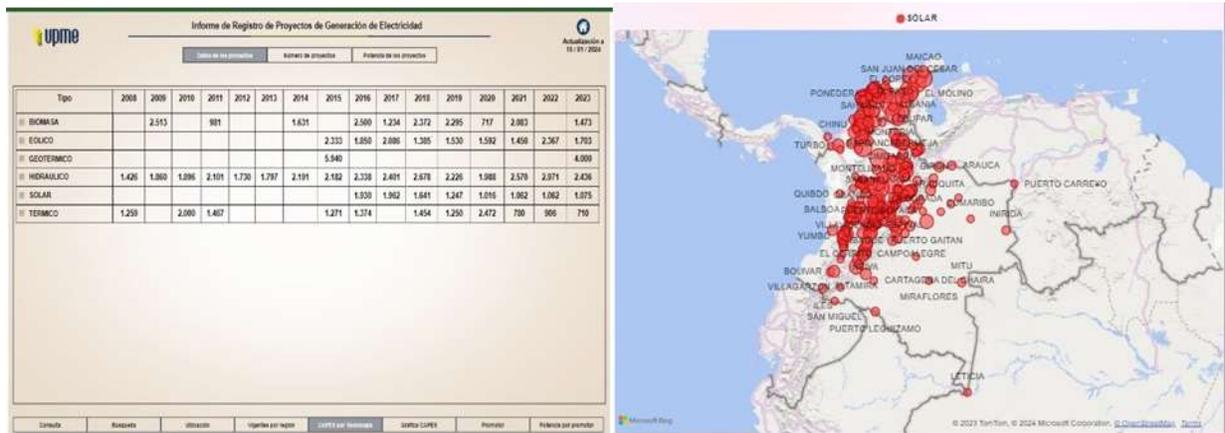
Nota. Cubierta con potencial de aprovechamiento de instalación de paneles solares

Sumado a lo anterior, esta sería una gran oportunidad para disminuir los costos de la energía y que la empresa se enmarque en responsabilidad social, sumado a los beneficios tributarios establecidos en la Ley 1715 de 2014.- Artículo 11. Dedución sobre el impuesto de renta del 50% del valor de la inversión realizada en proyectos de fuentes no convencionales de energía -FNCE, Ley 2099 – 2021- Artículo 12- Exclusión del impuesto a las ventas - IVA en la adquisición de bienes y servicios para el desarrollo de proyectos de generación con FNCE y gestión eficiente de la energía, Artículo 13- exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de reinversión y de inversión.

De acuerdo al Informe de Registro de proyectos de Generación de Electricidad de la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, desde el año 2016 en Colombia se ha venido avanzando en los proyectos de energía solar fotovoltaica, al año 2023 se cuenta con 1.075 proyectos inscritos de los cuales 14 se encuentran vigentes en el Departamento de Cundinamarca, como se puede evidenciar en la siguiente Figura 37 y Figura 28.

Figura 37

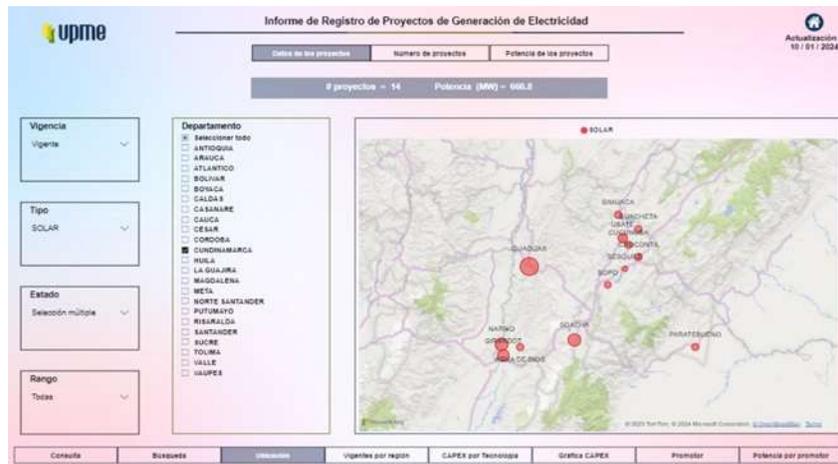
Número de Proyectos Registrados ante la UPME



Nota. Número de proyectos enfocados en la implementación de paneles solares registrado. Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2023). Informe de Registro de Proyectos de Generación. UPME, Bogotá

Figura 38

Número de Proyectos Registrados ante la UPME en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Número de proyectos enfocados en la implementación de paneles solares registrado. Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2023). Informe de Registro de Proyectos de Generación. UPME, Bogotá

En este contexto, resulta interesante que la Empresa realice un análisis de viabilidad para determinar qué tipo de sistema a instalar, teniendo en cuenta los parámetros para el diseño del sistema fotovoltaico, entre los que se desatacan, espacio físico, inclinación, irradiación, estructura para la instalación de los paneles, entre otros, que garanticen la operación adecuada del sistema fotovoltaico (Bitar & Chamas, 2017)

Por lo anterior, se concluye que se debe realizar un estudio más a profundidad para determinar los costos reales asociados al diseño y puesta en marcha de un sistema fotovoltaico, por lo anterior, se solicitó a la Empresa Lion Energy Group, presentar una propuesta para la empresa objeto de estudio, en la siguiente tabla se relaciona la información más relevante:

Tabla 31*Inversión para la Implementación de Paneles Solares*

Ítem	Detalle	Ítem	Detalle
Número de Paneles Solares	512 de 500W (C/U)	Sistema de apantallamiento	contra rayos y descargas atmosféricas en toda la cubierta
Estimado de Generación (kWh/mes)	29.869 kWh/mes, equivalente a 256 kWp	Malla de puesta a tierra	Nueva equipotencializada con el sistema existente para garantizar que cualquier descarga atmosférica se canalice de forma correcta
Área requerida	1.536 m ²	Tableros con todas las protecciones	para el punto de conexión incluyendo DPS
Inversores	2 inversores de 100 kW	Construcción de “Área de inversores”	Cercana al transformador existente
Estructuras en aluminio liviano	Para instalación de paneles solares en cubierta	Bancos de condensadores	en los tableros que hagan falta y calibración de los inversores para eliminar reactivas
Datalogger	Para almacenar información del proyecto y sistema de monitoreo en tiempo real	Desconector de media tensión	Según requerimiento del CNO1322
Transformador	440VAC – 220VAC	Estudio y certificación estructural	Realizado por un ingeniero civil estructuralista con matrícula profesional
Cableado completo	En DC y AC con sus respectivas bandejas galvanizadas en caliente	Certificación RETIE	Del proyecto fotovoltaico
Estudio de conexión	Para punto de conexión	Autorización del punto de conexión	Con el operador de red
Certificado de beneficios tributarios	Expedido por la UPME	Instalación de medidor bidireccional	Homologado por el operado de red
		Orientación e inclinación	Inclinación adecuada para maximizar la captación de luz solar
		Valor de la inversión	\$800.000.000

Retorno de la inversión	3.16 años
Disminución de Toneladas de CO ₂ eq	3.901

Nota. Proyección de inversión para la implementación de paneles solares en la empresa bajo estudio. Oferta Económica Sistema Fotovoltaico.

Para determinar la reducción de la HC asociado a la implementación de paneles solares para la generación de electricidad, es necesario tener en cuenta los factores de emisión establecidos por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), los cuales son 0.112 tonCO₂eq/MWh para el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y 0.154 tonCO₂eq/MWh para proyectos de mecanismos de desarrollo limpio (MDL) (Resolución 000762, 2023), en este sentido es evidente que los sistemas fotovoltaicos no contribuyen a la disminución de la huella de carbono, generando una controversia con los estudios enunciados anteriormente, que afirman el aporte positivo en la reducción de la HC, concluyendo que la implementación de estas tecnologías limpias, aportarían a la organización un alivio financiero en los pagos por concepto de consumo energético y una participación en la transición energética de Colombia, integrando energías no convencionales en el Sistema energético nacional (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2015).

En cuanto a criterios técnicos, es importante tener en cuenta algunos requisitos que influirán en la eficiencia y rendimiento del sistema solar, los cuales se detallan en la Tabla 33, adicionalmente, este tipo de sistemas fotovoltaicos deben ser diseñados por personal experto y con experiencia en este campo para garantizar el éxito del mismo, en cuanto al ámbito económico y de acuerdo a la oferta económica antes mencionada, el costo del proyecto es de \$800.000.000 con un retorno de inversión de 3.16 años, y por último, a nivel ambiental la instalación de estos sistemas contribuirán en la reducción del consumo de energía, lo cual se relaciona directamente con las emisiones generadas desde el alcance 2; adicionalmente, como lo indica (Aulestia & Celi, 2017) con el uso de energías renovables está presentando un crecimiento significativo, impulsado por diversas razones, en las que se destaca la conciencia ambiental y la necesidad de buscar alternativas, en la siguiente tabla se relaciona el valor aproximado de la inversión.

4.3.3 Inspección termográfica

Se propone realizar inspecciones termográficas a los sistemas eléctricos de las máquinas de la planta, con el objetivo de detectar anomalías térmicas dentro de la operación y así mismo reducir

el gasto de energía (tanto consumo energía eléctrica como consumo de combustible). Por lo anterior, se plantea incluir dentro del plan de mantenimiento preventivo y correctivo inspecciones periódicas con cámaras termográficas, por lo anterior, se propone la adquisición de dos equipos, que de acuerdo al mercado tienen un costo de aproximadamente \$740.000 pesos cada uno, con una inversión total de \$1.480.000 pesos.

El uso de estos equipos se basa en el término de mantenimiento predictivo, debido a que el equipo registra la intensidad de radiación infrarroja y la transforma en imagen. La imagen permite realizar un diagnóstico sin contacto del área, proporcionando información de anomalías térmicas asociadas con características estructurales, materiales de elaboración de las máquinas y problemas de energía (Lucchi, 2018), este último enfocado en el hecho que, al bajarse el rendimiento del sistema eléctrico, va a consumir mayor energía en generación de calor, lo cual lleva a un consumo innecesario, que se pierde en forma de calor (Centro de Formación de Infrarrojos & FIT, 2012).

Se afirma que alrededor del 35% de los incendios industriales provienen de problemas eléctricos (Centro de Formación de Infrarrojos & FIT, 2012). De acuerdo al autor Castillo (2019) el uso de este equipo presenta ser una herramienta de gran ayuda en la realización de auditorías de eficiencia energética, además de contar con una amplia aplicación en las auditorías realizadas a edificios, donde se hace uso de la encuesta IR, dividida en las termografías pasivas que se enfoca netamente en problemas relacionados con la energía (Lucchi, 2018).

En cuanto a términos técnicos, la termografía es una de las técnicas de mantenimiento predictivo que permiten detectar sobrecargas eléctricas y fugas de calor, este tipo de fallas en los equipos y máquinas representan un aumento en el consumo energético, estas cámaras utilizan sensores infrarrojos que capturan radiación térmica emitida por un objeto y la convierten en información visual (Guerrero & Verdezoto, 2024), estos equipos pueden ser operados por el personal de mantenimiento previo a una capacitación impartida por el proveedor del equipo; a nivel ambiental se contribuiría en la reducción de consumo energía eléctrica y combustible de unas de las áreas que consume mayor energía, como lo es el área operacional, mediante la inspección de los equipos de la planta. Por último, a nivel económico representa un valor bajo en comparación con los beneficios que traería consigo la implementación, ya que al tratarse de un mantenimiento predictivo se estaría hablando de evitar paradas no programadas de un equipo, del mismo modo, evita

la realización de mantenimiento excesivo que se traduce en ahorro de dinero y tiempo, lo cual conlleva a aumentar la vida útil de la maquinaria (Solex, 2024).

EasyMaint compañía que se encargada de ofrecer un software de mantenimiento industrial (CMMS), menciona que el mantenimiento predictivo mejora los procesos, optimizando la eficiencia energética generando ahorros entre el 10% al 30% en la factura de energía eléctrica. En concordancia con lo anterior, el implementar dichas inspecciones lograría reducir el consumo en aproximadamente 297.540 kWh al año, correspondiente de la emisión de 33.324 kg CO₂ (con el factor de emisión de 2022).

4.3.4 Cambio de extintores Solkaflam

De acuerdo a lo enunciado en el numeral 4.2.3.1. donde se pudo identificar que el extintor denominado “agente Limpio HCFC 123” , tiene un gran potencial de afectación a la capa de ozono, dado que este agente extintor se encuentra en el grupo 1 del Anexo C. del Protocolo de Montreal y en consecuencia el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo expidieron regulaciones ambientales entorno a la prohibición en la importación de este tipo de sustancias agotadoras de ozono, es importante que se inicie un proceso de sustitución del extintor Solkaflam a extintores con agentes alternativos que generen un menor impacto.

De acuerdo a las revisiones bibliográficas, algunos ejemplos son: los extintores de polvo y de dióxido de carbono (CO₂) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo, 2020), asimismo, verificado las fichas técnicas de los extintores que usa la empresa objeto de estudio, se puede validar que los tipos de extintores antes mencionados son la mejor opción, no obstante, para la correcta selección de los mismos el factor principal a tener en cuenta es el tipo de fuego a combatir (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

En la Tabla 32, se indican el número de extintores Solkaflam a sustituir y el costo asociado a ello.

Tabla 32*Inversión para el Cambio de Extintores Solkaflam*

Capacidad (Libras)	No. Extintores para cambio	Valor unitario ¹	Valor total
20	6	\$1.093.750	\$6.238.500
15	1	\$ 918.710	\$918.710
10	2	\$ 713.866	\$ 1.427.732
TOTAL			\$ 8.584.942

Nota. Proyección de inversión para el cambio de extintor¹Valores tomados de (Impleseg, 2024)

En cuanto a términos técnicos, un extintor es un elemento diseñado para controlar y extinguir un fuego, básicamente consiste en un recipiente metálico que contiene un agente extintor, como agua, dióxido de carbono o espuma, que se libera al activar un mecanismo de dispersión (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020), la instalación de este tipo de equipos puede llevarse a cabo por el personal del área de seguridad y salud en el trabajo mediante el uso de planos de la empresa para poder abarcar en un 100% el cambio de extintores de Solkaflam; a nivel ambiental, aunque no haya tenido mayor relevancia dentro del cálculo de huella de carbono el realizar el cambio de dichos extintores se contribuiría directamente a la protección de la capa de ozono, teniendo en cuenta que el compuesto es (HFC-123) es un GEI de alto impacto negativo ambientalmente, a nivel económico representa una inversión media y la cual requiere ser realizada debido que normativamente este tipo de extintores van a salir del mercado, en este sentido, con la implementación de esta alternativa se dejaría de emitir 1.550,4 kgCO₂eq. a la atmosfera, esta reducción se calculó mediante la diferencia entre la HC generada por los extintores Solkaflam menos la HC generada por los extintores de dióxido de carbono, para el cálculo se tomaron los potenciales de calentamiento GWP a 100 años (AR6).

Teniendo en cuenta la reducción generada por cada uno de las alternativas se tiene que:

Tabla 33*Reducción por alternativa*

Alternativa	Reducción CO₂ (%)	Alcance refleja reducción
Sensor de movimiento	60%	Alcance 2
Implementación de paneles solares	*-	Alcance 2
Inspección de cámaras termográficas	10 - 30%	Alcance 2
Cambio de extintores Solkaflam	1%	Alcance 3

Nota. Proyección de reducción de emisiones de CO₂ por alternativa

* Como se indicó en el numeral 4.3.2, no se presenta una reducción en la HC por la implementación de sistemas fotovoltaicos.

En la siguiente tabla se consolida la valoración de las alternativas.

Tabla 34*Aplicación de Matriz PUGH*

		Alternativas			
		Sensores de movimiento en bombillas	Implementación de paneles solares	Inspección termográfica	Cambio de extintores
c r i t e r i o s	Técnico	0	-1	0	0
	Económico	1	-2	1	-1
	Ambientales	1	2	2	2
Suma general		4	-1	3	1

Nota. Ponderación de calificación de alternativas

De acuerdo a las puntuaciones totales, se identifica que la alternativa de ampliación del área con sensores de movimiento toma el primer lugar en la priorización, seguido de las inspecciones termográficas, cambio de extintores y, por último, la implementación de los paneles solares.

Respecto al consumo de combustibles derivado del uso de montacargas, no se establece alternativa específica teniendo en cuenta que la maquinaria es nueva y no presentaría viabilidad el cambio de la misma.

Por otra parte, en la identificación de alternativas de reducción de huella de carbono, se recomienda a la empresa manejar la medida de compensación. En la Tabla 35 se muestran los valores de compensación por años de acuerdo a la calculadora de BancO2.

Tabla 35

Compensación por Años

Año	Ton CO ₂ eq a compensar	Valor a compensar
2020	316	\$ 3.318.000
2021	266	\$ 2.793.000
2022	304	\$ 3.192.000

Nota. Compensación por años de acuerdo con la herramienta (BancO2®, 2024)

Por otro lado, se estima una compensación en hectáreas. Para estimar cuántas hectáreas se deben sembrar, para lo anterior, se hace uso de la ecuación (5)

Ecuación 5. Estimación de hectáreas a plantar para la compensación de CO2 emitido con factor fijación de sistemas agroforestales

$$Huella \left(\frac{Hectárea}{Año} \right) = \frac{emisiones \ (ton \ CO_2 \ eq)}{Coeficiente \ de \ fijación \ \left(\frac{ton \ CO_2}{ha - año} \right)}$$

El coeficiente de fijación utilizado fue extraído del trabajo desarrollado por Pimiento & Restrepo (2018) de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Efectuando la anterior ecuación se obtiene el número de hectáreas a sembrar de acuerdo a la huella de carbono por años, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 36

Compensación (ha) por Año

Año	Compensación (ha)
2020	17,8
2021	15,0
2022	17,2

Nota. Compensación por años de acuerdo con la herramienta

5. CÁLCULOS DE FACTORES DE EMISIÓN

5.1 Residuos industriales incinerados

Paso 1. Se recolectó información de los residuos que se disponían a procesos de incineración, de acuerdo a esto, los residuos son catalogados como elementos de prevención y limpieza contaminados.

Paso 2. Se recolectó información acerca del tipo de tratamiento se le da a cada residuo generado.

Paso 3. Se calculó el factor de emisión de acuerdo a las directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GE - Volumen 5 Desechos. Para lo anterior se efectuó la **Ecuación 2** para aquellos residuos industriales que eran incinerados.

$$FECO_{2INC} (\text{industriales}) = FMS * FCT * FCF * FO * 44/12 \text{ (IPCC, 2016)}$$

Ecuación 2

Donde:

FECO2INC: Factor de emisión para disposición de residuos sólidos mediante incineración.

FMS: Fracción de materia seca en los residuos

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 - Capítulo 2 “DATOS DE GENERACIÓN, COMPOSICIÓN Y GESTIÓN DE DESECHOS”- en el cuadro 2.5 “VALORES POR DEFECTO PARA CONTENIDOS DE DOC Y CARBONO FÓSIL EN DESECHOS INDUSTRIALES”, teniendo en cuenta que, en la actualización del 2019, este apartado no tuvo actualización.

Tabla 37

Valores por Defecto para Contenidos de DOC y Carbono Fósil en Desechos Industriales (en Porcentajes de Desechos Húmedos Producidos)

Tipo de industria	DOC	Carbono fósil	Carbono total	Contenido de agua
Alimentos, bebidas y tabaco (otros que lodo)	15	-	15	60
Textiles	24	16	40	20
Madera y productos de madera	43	-	43	15
Pulpa y Papel	40	1	41	10
Productos de petróleo, disolventes y plásticos	-	80	80	0
Caucho	39	17	56	16
Construcción y demolición	4	20	24	0
Otros	1	3	4	10

Nota. Valores por Defecto para Contenidos de DOC y Carbono Fósil en Desechos Industriales (en Porcentajes de Desechos Húmedos Producidos) establecidos por (IPCC, 2006)

*DOC: carbono orgánico degradable

Por lo anterior, se definió un FMS de la siguiente manera:

FMS industriales: $100 - \underline{X}$ Contenido de agua de los residuos

FMS industriales: $100 - (60+20+15+10+0+16+0+10/8) = 83,63$

FMS industriales: $83,63/100$

FMS industriales: 0,84

FCT: Fracción de carbono total en materia seca

De acuerdo con el documento de 2019 Refinamiento a la Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5 - Cuadro 5.2 “Datos Por Defecto Para Los Factores De Emisión De CO2 Para La Incineración E Incineración Abierta De Desechos”

Tabla 38

Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO2 para la Incineración Abierta de Desechos

Parámetros	Desechos industriales (%)
Contenido de carbono total en porcentaje del peso en seco	50

Nota. Valor de contenido de carbón total en porcentaje del peso en seco por (IPCC, 2019)

FCT industriales: 0,50

FCF: Fracción de carbono fósil en el carbono total

De acuerdo con el documento de 2019 Refinamiento a la Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5 - Cuadro 5.2 “Datos Por Defecto Para Los Factores De Emisión De CO2 Para La Incineración E Incineración Abierta De Desecho”:

Tabla 39

Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO2 para la Incineración Abierta de Desechos

Parámetros	Desechos industriales (%)
Fracción de carbono fósil en porcentaje del contenido de carbono total	90

Nota. Valor de la fracción de carbono fósil en porcentaje del contenido de carbono total (IPCC, 2019)

FCF industriales: 90/100

FCF industriales: 0,90

FO: Factor de oxidación

De acuerdo con el documento de 2019 Refinamiento a la Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5 - Cuadro 5.2 “Datos Por Defecto Para Los Factores De Emisión De CO2 Para La Incineración E Incineración Abierta De Desechos”

Tabla 40

Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO2 para la Incineración Abierta de Desechos

Parámetros	Desechos industriales (%)
Factor de oxidación en porcentaje de la entrada de carbono	100

Nota. Valor de por defecto para los factores de emisión de incineración abierta Tomado de (IPCC, 2019)

Valor por defecto según la IPCC es

FO industriales: 1

44/12: Factor de conversión de C en CO₂

Efectuando la Ecuación 2 con los valores encontrados se tiene que:

$$FECO_{2INC} = (0,84 * 0,50 * 0,90 * 1) * 44/12$$

$$FECO_{2INC} = 1.386 \text{ kg CO}_2/\text{kg residuo}$$

Paso 4. Se multiplicó la magnitud de la actividad, es decir, la cantidad de residuos generados (kg) y el factor de emisión encontrado anteriormente (FECO_{2INC})

Paso 5. Se sumaron los valores de los 12 meses registrados en los formatos de generación de residuos de la organización y se obtuvo el valor total del CO₂ emitido por la actividad.

5.2 Residuos hospitalarios incinerados

Paso 1. Se recolectó información de la generación de residuos hospitalarios generados del proceso productivo (ejemplo: Elementos EPP - emergencia COVID, biosanitarios, etc.)

Paso 2. Se recolectó información acerca del tipo de tratamiento se le daba a cada residuo generado.

Paso 3. Se calculó el factor de emisión de acuerdo a las directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GE - Volumen 5 Desechos. Para lo anterior se efectuó la **Ecuación 2** para aquellos residuos clasificados como hospitalarios que fueron incinerados

$$FECO_{2INC} (\text{hospitalarios}) = FMS * FCT * FCF * FO * 44/12$$

Ecuación 3

Donde:

FECO_{2INC} (hospitalarios): Factor de emisión para disposición de residuos sólidos mediante incineración.

FMS (hospitalarios): Fracción de materia seca en los residuos

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 - Capítulo 2 “DATOS DE GENERACIÓN, COMPOSICIÓN Y GESTIÓN DE DESECHOS”- en el cuadro 2.6 “Contenidos Por Defecto De Doc Y Carbono Fósil En Otros Desechos (Porcentaje De Desechos Húmedos Generados)” teniendo en cuenta que, en actualización del 2019, este apartado no tuvo actualización.

Tabla 41

Contenidos por Defecto de DOC y Carbono Fósil en otros Desechos (Porcentaje de Desechos Húmedos Generados)

Tipo de desechos	DOC	Carbono fósil	Carbono Total	Contenido de agua
Desechos hospitalarios	15	25	40	35

Nota. Contenido de DOC y carbón fósil en residuos. (IPCC, 2006)

FMS hospitalarios: 100 - Contenido de agua

FMS hospitalarios: 100-35

FMS hospitalarios: 65/100

FMS hospitalarios: 0,65

FCT: Fracción de carbono total en materia seca

De acuerdo con el documento de 2019 Refinamiento a la Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5 - Cuadro 5.2 “Datos Por Defecto Para Los Factores De Emisión De CO₂ Para La Incineración E Incineración Abierta De Desechos”

Tabla 42

Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO₂ para la Incineración Abierta de Desechos Hospitalarios

Parámetros	Desechos hospitalarios (%)
Contenido de carbono total en % del peso en seco	60

Nota. Contenido de carbón (%). (IPCC, 2019)

FCT_{hospitalarios} : 0,60

FCF: Fracción de carbono fósil en el carbono total

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 - Capítulo 2 - Cuadro 2.6.

FCF_{hospitalarios}: 40/100

FCF_{industriales}: 0,40

FO: Factor de oxidación

De acuerdo con el documento de 2019 Refinamiento a la Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero Volumen 5 - Cuadro 5.2 “Datos Por Defecto Para Los Factores De Emisión De CO₂ Para La Incineración E Incineración Abierta De Desechos”

Tabla 43

Datos por Defecto para los Factores de Emisión de CO₂ para la Incineración Abierta de Desechos Hospitalarios

Parámetros	Desechos hospitalarios (%)
Factor de oxidación en % de la entrada de carbono	100

Nota. Valor de factor de oxidación en % de la entrada de carbono (IPCC, 2019)

Valor por defecto según la IPCC es

FO hospitalarios: 1

44/12: Factor de conversión de C en CO₂

Efectuando la Ecuación 2 con los valores encontrados se tiene que:

$$\mathbf{FECO_{2INC}} = (0,65 * 0,60 * 0,40 * 1) * 44/12$$

$$\mathbf{FECO_{2INC}(\text{hospitalarios})} = 0,572 \text{ kg CO}_2/\text{kg residuo}$$

Paso 4. Se multiplicó la magnitud de la actividad, es decir, la cantidad de residuos generados (kg) y el factor de emisión encontrado anteriormente ($\mathbf{FECO_{2INC}(\text{hospitalarios})}$) -

Paso 5. Se sumaron los valores de los 12 meses registrados en los formatos de generación de residuos de la organización y se obtuvo el valor total del CO₂eq emitido por la actividad.

6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que la empresa caso de estudio hace parte de una de las industrias que presenta una considerable participación dentro de la industria manufacturera, es de importancia diagnosticar e identificar mediante el empleo de un indicador ambiental como lo es la huella de carbono, siendo este un tema que hoy en día ha venido cogiendo mayor fuerza, derivado de las diferentes proyecciones científicas frente al cambio climático.

Durante el recorrido a la planta fue posible interactuar con los procesos administrativos y productivos de la organización. Se identificaron diferentes fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, clasificadas en alcance 1, alcance 2 y alcance 3. Dentro del primer alcance, se reconocieron las emisiones generadas por la operación de la caldera y una estufa alimentadas con gas natural, así como el uso de montacargas que operan con gas propano. En el segundo alcance, se determinó como fuente el consumo de energía eléctrica para el desarrollo de las actividades productivas y administrativas. Finalmente, en el tercer alcance se encuentran las siguientes fuentes de emisión: el consumo de agua potable, el uso de extintores, la generación de residuos peligrosos, los viajes aéreos a nivel nacional y el consumo de papel bond en el proceso productivo.

Con base al diagnóstico realizado en la empresa, se reconocieron las diferentes actividades a nivel operacional y administrativo, lo que permitió clasificar cada una de ellas en los diferentes alcances. De acuerdo con el cálculo en cada uno de los 3 años bajo interés (2020, 2021 y 2022), se evidenció que en el 2020 el alcance 2 contribuyó en un (65%), alcance 1 (34%) y alcance 3 (1%) dando un total de 314.521 kg CO₂eq, para el 2021 mayor emisión de CO₂eq en el 2021 el consumo de energía representado un 53%, seguido del alcance 1 con un 45% y el alcance 3 con un 2% dando un total de 266.318 kg CO₂eq, finalmente para el 2022 la mayor emisión se dio por alcance 1 (55%), seguido del alcance 2 (44%) y el alcance 3 (1%) dando un total de 304.103 kg CO₂eq.

Dentro de las posibles alternativas a implementar se tuvieron en cuentas las fuentes que más contribuyen a la huella de carbono total, de cada uno de los años (consumo de combustible y consumo de energía eléctrica), es por ello, que se establecieron alternativas enfocadas en la ampliación del sistema de sensores de movimiento e inspecciones termográficas.

De otra parte, dentro del funcionamiento de la empresa, se logró identificar que actualmente la empresa está haciendo uso de un extintor (Solkaflam) que normativamente se están

sacando del mercado por el compuesto principal que se encuentra fabricado (HFC -123), es por lo anterior, que se propone el reemplazo de dicho extintor por el extintor de carbono que lograría suplir con las funciones del Solkaflam.

Las acciones propuestas para la reducción y/o compensación de la huella de carbono, deben abordarse y entenderse como acciones alineadas a la gestión ambiental y estratégica de la organización, siendo necesario la puesta en marcha de cada una de ellas, con el fin de obtener los resultados esperados. Sin embargo, la principal estrategia de reducción es la instalación de sensores de movimiento en las diferentes áreas de la organización, seguido de las implementación de inspecciones termográficas, lo anterior, apalancado con buenas prácticas operativas y administrativas, como el apagado y desconexión de los equipos en horarios no laborables, trabajo remoto cuando aplique, adquisición de equipos eficientes energéticamente e impartir capacitación del personal para informar cómo pueden contribuir a la reducción de la huella de carbono.

REFERENCIAS

- Acha, S., Soler, A., & Shah, N. (2021). Best practices to mitigate CO2 operational emissions: A case study of the Basque Country energy ecosystem. EKONOMIAZ. Revista Vasca de Economía, 99. <https://econpapers.repec.org/article/ekzekonoz/2021111.htm>
- Acuerdo 546 (2013).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=56152&dt=S>
- Acuerdo 790 (2020).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=103745&dt=S>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2022). Descripción general de los gases de efecto invernadero. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Agencia Estatal de Meteorología, & Oficina Española de Cambio Climático. (2018). Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5oC.
https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/ipcc_informe_especial_15pdf_tcm30-485656.pdf#page=11&zoom=90,-279,247
- ANDI. (2023). BALANCE 2022 Y PERSPECTIVAS 2023.
https://www.andi.com.co/Uploads/INFORME_PERSPECTIVAS_ANDI_2023_638098035783948459.pdf
- ANDIGAF. (2020). Comunicación gráfica en Colombia. <https://andigaf.com.co/wp-content/uploads/2020/07/perfil-comunicaci%A2n-g%A0fica-2020.pdf>
- Ambato-Hernández Jorge, Fernández, R., Mora, A., & Alvarado, J. (2022). Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA Soul vs KIA Soul EV. NOVASINERGÍA. <https://novasinerfia.unach.edu.ec/index.php/novasinerfia/article/view/305/296>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2019). Plan de Ordenamiento Territorial Engativá - ETAPA DE FORMULACIÓN REVISIÓN GENERAL.

- Aristizábal-Álzate, C. E., & González-Manosalva, J. L. (2021). Application of NTC-ISO 14064 standard to calculate the Greenhouse Gas emissions and Carbon Footprint of ITM's Robledo campus. *DYNA*, 7.
- Aristizábal, C. E., González, J. L., & Gutiérrez, J. C. (2020). Análisis del ciclo de vida y cálculo de la huella de Carbono para un proceso de reciclaje de botellas PET en Medellín (ANT). *scielo*, 15, 18. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v15n1/1909-0455-pml-15-01-7.pdf>
- Álvarez, P., & Valencia, F. (2018). PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FLEXOGRAFIA PARA REDUCIR SUS COSTOS UNITARIOS EN UNA EMPRESA PLASTICOS. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2105/IND_T030_70618457_T_Valencia_Montoya%2C_Franco_Josue.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aulestia, L., & Celi, M. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS CON CAPACIDAD DE 20 kW/mes PARA SER UTILIZADOS EN INSTALACIONES INDUSTRIALES. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13636>
- Awanthi, M. G. G., & Navaratne, C. M. (2017). Carbon Footprint of an Organization: a Tool for Monitoring Impacts on Global Warming. *Procedia Engineering*. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705818301140?token=F91CC8D0BA90B4E30B0CE610BD671CF38230CF2CAD29594857272ADEDEA125AEFC37693DD8860FF83EBC5038E2705388&originRegion=us-east-1&originCreation=20230328013847>
- Aydemir Cem, & Ozsoy Samed Ayhan. (2020). Environmental impact of printing inks and printing process. https://www.gid.uns.ac.rs/jged/download/v11n2/jged_v11_n2_p2.pdf
- BALKENHOL, M., CASTILLO, A., SOTO, M., FEIJOO, M., & MERINO, W. (2018). Huella de carbono en el Hospital Base de Puerto Montt. *Rev Med Chile*, 6. <https://www-scielo-cl.ezproxy.unbosque.edu.co/pdf/rmc/v146n12/0717-6163-rmc-146-12-1384.pdf>
- Banco2®. (2024). Compensación huella de carbono. <https://www.banco2.com/calculadora/banco2v4/public/compensa-empresas>

- Bitar, S., & Chamas, F. (2017). Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia. <http://HdCl.handle.net/10726/1572>
- Bongiovanni, R., & Tuninetti, L. (2021). Huella de carbono y huella energética del etanol anhidro producido en una mini destilería “minidest” en origen. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 47. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/eng2.12165>
- Bozoudis, V., & Sebos, I. (2020). The Carbon Footprint of Transport Activities of the 401 Military General Hospital of Athens. *SpringerLink*, 8. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10666-020-09701-1>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Buenas Prácticas Ambientales en el Mantenimiento, recarga, uso de extintores portátiles con HCFC-123. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Cartilla_Buenas_Practicas_Ambientales_en_extintores_portatiles_con_HCFC-123.pdf
- Cámara y Comercio de Bogotá, & Corporación Ambiental Empresarial. (2022). Calculadora - Convenio No. 6200013748/2022.
- Camarena Juárez, F. J. (2017). CAMBIO CLIMÁTICO, UN RETO PARA LA SEGURIDAD GLOBAL. https://www.researchgate.net/publication/327974744_Cambio_Climatico_un_reto_para_la_Seguridad_Global
- Canciano, J., Reinoso, M., & Fernández, X. (2021). Estimación de la huella de carbono en la industria papelera. *redalyc*, 10. <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869393006/637869393006.pdf>
- Castillo, W. (2019). ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA UNA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/bitstream/handle/123456789/11380/21411102-enero2019-112-pp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ceballos, D. (2019). ESTRATEGIA DE COMPENSACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO PARA LA EMPRESA MAXO SAS.

<https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2853>

Centro de Formación de Infrarrojos, & FIT. (2012). Guía de termografía para mantenimiento

predictivo. http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820264/T820264_ES.pdf

CEPAL. (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ca0445d3-e3f3-4f40-a5ff-057a9a34f016/content%0A>

CEPAL. (2018). LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/af31802f-c445-4c2d-823c-ea71aeb61874/content%0A>

CESCE. (2019).Informe Sectorial CESCE 2019 Papel y Artes Gráficas. https://issuu.com/cesce.es/docs/informe_sectorial_cesce_2019_papel_

Congreso de Colombia. (2000). LEY 629 DE 2000. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/2.-Ley-629-de-2000.pdf>

Congreso de Colombia. (2021).LEY 2169 DE 2021. https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/ley_2169_2021.htm

CONGRESO DE COLOMBIA. (1994). LEY 164 DE 1994. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/1.-Ley-160-de-1994.pdf>

Congreso de la Republica. (1991). CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991. <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>

Congreso de la Republica. (2012).LEY 1549 DE 2012. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48262>

Congreso de la Republica. (2018).Ley 1931 de 2018. http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_1931_DEL_27_DE_JULIO_DE_2018.pdf

- Cano, N., Berrio, L., Carvajal, E., & Aragón, S. (2022). Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus using the UNE-ISO 14064–1 and WRI/WBCSD GHG Protocol Corporate Standard. *Environmental Science and Pollution*. <https://link-springer-com.ezproxy.uamerica.edu.co/article/10.1007/s11356-022-22119-4>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2011). Conpes 3700. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/5.-Conpes-3700-de-2011.pdf>
- Christian Aid. (2021). New report: Extreme weather driven by climate change cost the world billions in 2021. <https://mediacentre.christianaid.org.uk/new-report-extreme-weather-driven-by-climate-change-cost-the-world-billions-in-2021/#:~:text=A new report by Christian,cost%241.5 billion or more.%0A>
- Castañón, V. (2023). Estimación de la Huella de Carbono y Elaboración de Plan de Transición Energética mediante Análisis Multicriterio de un Centro de Educación Superior [Universidad de Concepción]. http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/11300/1/Casta%c3%b1%c3%b3n%20Molina_Va_lentina%20%20Tesis.pdf
- DANE. (2015). ASPECTOS ECONÓMICOS INCLUIDOS, EL COMERCIO Y LOS PATRONES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/IIac/40-Consumo-de-SAO/Consumo-Sustancias-Agotadoras-del-Ozono.pdf>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2016). DECRETO 298 DE 2016. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=68173>
- Decreto 596 (2011). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45088>
- EasyMaint (2023). El ahorro y la mejor productividad de una planta dependen del mantenimiento predictiv. https://easy-maint.net/blog_easymaint/2017/07/17/el-ahorro-y-la-mejor-productividad-de-una-planta-dependen-del-mantenimiento-predictivo/
- Establecimiento Público Ambiental de Cartagena, & Universidad de Cartagena. (2022). FACTORES DE EMISIÓN. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion>

ambiental/seguimiento-y-monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/#:~:text=El factor de emisión se,a la emisión del contaminante.

Esagaf. (2023). Características de la impresión flexográfica. Disponible en <https://www.esagaf.com/caracteristicas-impresion-flexografica/>

García-Alaminos, A., Gilles, E., Monsalve, F., & Zafrilla, J. (2022). Measuring a university's environmental performance: A standardized proposal for carbon footprint assessment. *Cleaner Production*, 357. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622013956>

GASNOVA. (2020). Informe anual de GLP 2020. https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2020/11/InformeGLP2020_NEWWEB.pdf

GASNOVA. (2021). Informe anual del GLP. <https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2021/12/InformeGLP2021vf.pdf>

GASNOVA. (2022). Informe anual del GLP. https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2022/10/InformeGLP2022_OK3.pdf

Guerrero, E., & Verdezoto, M. (2024). Mantenimiento preventivo en la cámara de transformación y tablero de control mediante termografía: Caso de estudio en la cámara de transformación No 2 UTC. 8. <http://investigacion.utc.edu.ec/index.php/ciya/article/view/583/749>

Guamán, M. (2015). Determinación de la huella de carbono de la empresa TRECX. Cía. Ltda. PINTULAC. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8159/Determinacion_de_la_huella_de_carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guzmán Paredes Pablo. (2020). La relación de la enseñanza del diseño entre el producto impreso y la selección del sistema de impresión y acabados adecuados. *Revista Scielo*. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ccedce/n104/1853-3523-ccedce-104-213.pdf>

Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch, U., Rozenberg, J., Treguer, D., & Vogt-Schilb, A. (2016). *Publicación: Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*.

<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/cc42cb9b-3f8e-5bf3-bba3-2cce3b0793ac%0A>

Hansuebsai, A., Kaosod, A., & Kanchanasing, T. (2020). A new environmental performance index based on the carbon footprint, VOC emissions, and waste in a printing house. *Engineering Reports*, 2. Scopus - Document details - A new environmental performance index based on the carbon footprint, VOC emissions, and waste in a printing house (uamerica.edu.co)

Henriquez, G., Inostroza, S., Mogovejo, P., Guentelican, C., Herrero, S., Estrada, R., Quispe, I., Merino, W., Rubilar, F., & Carcamo, C. (2022). Huella de carbono, sustentabilidad y anestesia. Estamos empezando a aprender. *Revista Chilena de Anestesia*. <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv5115031730.pdf>

Hernández, G. (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero y sectores clave en Colombia. 28. <https://www.eltrimestreeconomico.com.mx/index.php/te/article/view/857>

Hoffmann, B. (2021). Cómo el cambio climático empeora la pobreza y la desigualdad. <https://blogs.iadb.org/ideas-que-cuentan/es/como-el-cambio-climatico-empeora-la-pobreza-y-la-desigualdad/%0A>

ICAO. (2023). ICAO Carbon Emissions Calculator (ICEC). <https://www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx>

IDEAM. (2022). Estudio Nacional de Agua 202. https://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2022_compressed.pdf

IDEAM. (2022). CAMBIO CLIMÁTICO. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico#:~:text=En este grupo se encuentran,gases de efecto invernadero directo.>

IDEAM. (2023). Demanda y uso. <http://www.ideam.gov.co/web/siac/demandaagua#:~:text=A nivel de sectores%2C el,con el 17%2C9%25.>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana (2009). NTC 2885 de 2009. [/https://www.extingman.com/web/descargas/norma-icontec-extintores.pdf](https://www.extingman.com/web/descargas/norma-icontec-extintores.pdf)

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2023). Anexo 1. Descripción del proceso productivo de impresión offset. <https://www.insst.es/stp/basequim/008/anexo-1-descripcion-del-proceso-productivo-de-impresion-offset>
- Imprestar Gráfica SAS. (2022). ¿Como funciona la impresión Offset en nuestra litografía? <https://imprestargafica.com.co/funciona-la-impesion-offset-nuestra-litografia/>
- Impleseg. (2024). Seguridad industrial. <https://www.tiendaimpleseg.com/extintor-co2-dioxido-carbono-impleseg-15-lbs>
- IPCC. (2007). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2007: Base de ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación de IPCC. [Ed.] Solomon, D., Quin, D., Manning, Z., Marquis, M., Avery, K., Tignor, M. y Miller H. Cambridge, U. K. & N. Y. USA. : Cambridge, University. 114 p.
- IPCC. (2007a). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2007. Impacto, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. [Ed.] Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., Linden, v der P. y Hanson, C. Cambridge, R. U.: Cambridge, University Press. 153 p
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Volumen 2 Energía. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>
- IPCC. (2007). Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, pero no aprobado en detalles. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4-wg1-ts-sp.pdf>
- IPCC (2015). Working Goup III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5 Waste. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol5.html>

- IPCC. (2019). Calentamiento global de 1,5°C.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf
- ISO. (2018). ISO 14064-1. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:es>
- Jordano, A. de T., Martínez, A. G., Aguilar, J., Guijarro-Jiménez, C., Antúnez, M., & Vaguero, M. (2015). La huella de Carbono de la UCO.
<https://www.uco.es/servicios/sepa/images/documentos/descargas/huellaC2015.pdf>
- Leal, W., Guedes, D., Pimenta, M., Lambrechts, W., Vasconcelos, C., Molthan-Hill, P., Rimi, I., Dunk, R., & Lange, A. (2023). Low carbon futures: assessing the status of decarbonisation efforts at universities within a 2050 perspective. *Energy, Sustainability and Society*. Scopus - Document details - Low carbon futures: assessing the status of decarbonisation efforts at universities within a 2050 perspective | Signed in (uamerica.edu.co)
- Ley 1523 (2012). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- Ley 1715 (2014). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Ley 1931 (2018). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1931-2018.pdf>
- MAVDT. (2010). Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Decreto 2820. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
- Martínez-Rodríguez, M.-C., Marcelino-Aranda, M., Cervantes-Nájera, A., & Castillo, G. (2022). Indicadores de Carbono en la Industria Farmacéutica: Huella de Carbono y Huella Ecológica. *Fronteiras*.
<http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/4530>
- María Rosa Smith Rodríguez, & Ernesto de Titto. (2018). Hospitales sostenibles frente al cambio climático: huella de carbono de un hospital público de la ciudad de Buenos Aires. *Revista Argentina de Salud Pública*.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-810X2018000300002&lang=es

- Mera, A., & Zambrano, G. (2018). ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO EMPLEANDO SENSORES DE PRESENCIA EN EL EDIFICIO 3 DE LA UTM. *Riemat*, 5. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1422/1502>
- Mereu, V., Santin, M., Cervigni, R., Augéard, B., Bosello, F., Spano, D., & Valentini, R. (2018). Robust Decision Making for a Climate Resilient Development of the Agricultural Sector in Nigeria. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-61194-5_13.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (2020). Cartilla buenas prácticas ambientales en extintores portátiles con HCFC. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Cartilla_Buenas_Practicas_Ambientales_en_extintores_portatiles_con_HCFC-123.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Boletín No 45 – Avances de eliminación de HCFC sector extinción de incendios. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/boletin-45.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2005). GUIA DE BUENAS PRACTICAS PARA EL SECTOR DE LAS ARTES GAFICAS. <https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/10/guia-buenas-practicas-sector-artes-gaficas.pdf>
- Minambiente. (2013). Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade3a8222934.pdf>
- Minambiente. (2017). POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/9.-Politica-Nacional-de-Cambio-Climatico.pdf>
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO & TERRITORIAL. (2010). Resolución 2734 de 2010. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/politica-y-normativa/>
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO, & TERRITORIAL. (2010). RESOLUCIÓN NÚMERO (2733) 29 DIC 2010. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/3.-Resolucion_2733_de_2010.pdf

Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable. (2018). Resolución 1447 de 2018. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/15.-Resolucion-1447-de-2018.pdf>

Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable. (2020). Decreto 446 de 2020. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/16.-Decreto-446-de-2020.pdf>

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2017). Decreto 926 de 2017. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/13.-Decreto-926-de-2017.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2017). Decreto 2749 de 2017. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-2749-de-2017/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2022). Resolución 0634 de 2022. [/https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/Resolucion-0634-de-2022.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/Resolucion-0634-de-2022.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Buenas prácticas ambientales en el mantenimiento, recargay uso de extintores portátiles con HCFC-123. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Cartilla_Buenas_Practicas_Ambientales_en_extitores_portatiles_co n_HCFC-123.pdf

Ministerio de Minas y Energía (2021). Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia.

https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION_ENERGETICA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf

Molina, J. (2022). Tecnologías Limpias Paneles Solares Red De Salud Del Oriente [Universidad Antonio Nariño] http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7989/2/2022_Jos%c3%a9GreviMolinaVel%c3%a1squez

Naciones Unidas. (2022). El Acuerdo de París. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

Naciones Unidas. (1992). CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Naciones Unidas. (1998). PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Naciones Unidas. (2015). Acuerdo Paris. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2022). BAMS report: Record-high greenhouse gases, sea levels in 2021. <https://www.noaa.gov/news-release/bams-report-record-high-greenhouse-gases-sea-levels-in-2021>

NATURGAS. (2020). Informe indicadores Naturgas 2020. <https://www.helpwitHdCiy.com/wp-content/uploads/2021/04/Indicadores-naturgas-2020.pdf>

NATURGAS. (2021). Informe indicadores Naturgas 2021. <https://naturgas.com.co/wp-content/uploads/2021/09/informe-indicadores-naturgas-2021.pdf>

Olvera Castañeda Domingo Rafael. (2022). The Polluting Cloud. A Socio-environmental analysis of the Digital Carbon Footprint. Revista de Tecnología y Sociedad. <https://doi.org/10.32870/pk.a12n22.730>

Organización Panamericana de la Salud (2023). Cambio climático y Salud. <https://www.paho.org/es/temas/cambio-climatico-salud>

Pimiento, J., & Restrepo, C. (2018). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA HUELLA DE CARBONO NECESARIA PARA LA ASIMILACIÓN DE LAS EMISIONES GENERADAS POR LA PRODUCCIÓN DEL AGEGADO PÉTREO ARENA GUESA, UTILIZANDO RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) Y DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3818/ANÁLISIS>

COMPARATIVO DE LA HUELLA DE CARBONO NECESARIA.
pdf?sequence=1&isAllowed=y

Prica, M., Kecić, V., Adamović, S., Radonić, J., & Sekuli, M. (2016). Occupational Exposure to Hazardous Substances in Printing Industry. 8. <http://bgk.uni-obuda.hu/iesb/2016/publication/14.pdf>

Padron, C. (2023, October 24). Actualización de la huella de carbono de la Universidad Católica Andrés Bello Sede Montalbán para el año 2022. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/3017>

PROMIGAS. (2020). Informe del Sector Gas Natural. <https://www.promigas.com/Documents/InformeDelSectorGasNaturalenColombia2020.pdf>
fPlanton, S. (2015). Glosario. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

RESOLUCIÓN No. 000382, (2021). https://www1.upme.gov.co/Normatividad/382_2021.pdf

RESOLUCIÓN No. 000320, (2022). https://www1.upme.gov.co/Normatividad/320_2022.pdf

RESOLUCIÓN No. 000762, (2023). https://www1.upme.gov.co/Normatividad/762_2023.pdf

Resolución 045 (2022). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?dt=S&i=145539#9>

Rocha, S. (2022). Medidas para la reducción de huella de carbono energético en el proceso de impresión flexográfica en la empresa Imprepack Colombia s.a.s. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8953/1/5528569-2022-1-GA.pdf>

Reinosa-Valladares, M., Canciano-Fernández, J., Hernández-Garcés, A., Ordoñez-Sánchez, Y. C., & Figueroa-Beltrán, I. (2018). Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio. *SciELO*, 38, 9. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v38n2/rtq20218.pdf>

Riaño, J. (2016). DISEÑO DEL PLAN DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA DE LA ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA – ESAP.

- Rizan, C., Bhutta, M., Reed, M., & Lillywhite, R. (2021). The carbon footprint of waste streams in a UK hospital. *SciencDirect*, 286.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620354925>
- Rodriguez, M., & Martínez, C. (2018). INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD LIBRE– SEDE PRINCIPAL.
https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/15876/Documento_final_IGEI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, J. P., Ruiz-Ochoa, M. A., & Meneses, A. (2020). Revisión de los factores de emisión en las metodologías de huella de carbono en Colombia. *Espacios*, 11. https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Ruiz-Ochoa/publication/347384983_Review_of_emission_factors_in_carbon_footprint_methodologies_in_Colombia/links/6089fb16a6fdccaebdf4df31/Review-of-emission-factors-in-carbon-footprint-methodologies-in-Colombia.pdf
- Rodríguez, S. Á. (2020). Determinación de la Huella de Carbono de las Mezclas Asfálticas en Caliente y sus técnicas sostenibles. <https://www.caminosmadrid.es/determinacion-de-la-huella-de-carbono-de-las-mezclas-asfalticas-en-caliente-y-sus-tecnicas-sostenibles>
- Sánchez, M. (2020). DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA IPS UNIVERSITARIA – SEDE LEON XIII.
https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1011/Huella_de_carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SABATÉ. (2015). Reduciendo la huella de carbono.
<https://www.sabatebarcelona.com/blog/reduciendo-huella-carbono-geen-print-impression-digital-ecologica-hp-latex/>
- SIAC. (2018). Catálogo De Mapas SIAC. <http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas%0A>
- SIAC. (2023). ¿Qué es un Inventario GEI? <http://www.siac.gov.co/web/siac/climaticogei>
- UNEP. (2016). Global Warming Potential (GWP) of Refrigerants: Why are Particular Values Used?

- Schewe, J., Gosling, S. N., Reyer, C., Zhao, F., Ciais, P., Elliott, J., Francois, L., Huber, V., & Lotze, H. K. (2019). State-of-the-art global models underestimate impacts from climate extremes. *Nature Communications* volume, 14. <https://www.nature.com/articles/s41467-019-08745-6>
- Sociedad de Agricultores de Colombia. (2022, August). Biodiésel y bioetanol: Imprescindibles en la transición energética. *Revista Nacional de Agricultura*. <https://sac.org.co/biodiesel-y-bioetanol-imprescindibles-en-la-transicion-energetica/>
- Sun, M., Wang, Y., Shi, L., & Klemešd, J. J. (2018). Uncovering energy use, carbon emissions and environmental burdens of pulp and paper industry: A systematic review and meta-analysis. *SciencDirect*, 11. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032118302636?token=75812EF51D4E365AB8F10221CCEDB5131A5C674FF4A1FC8B225305BC9BB8F826DB12B50286B404D42359747F2AFE3160&originRegion=us-east-1&originCreation=20220917220334>
- Stern, N. (2008). *The Economics of Climate Change*. <https://personal.lse.ac.uk/sternn/108nhs.pdf%0A>
- Torres, L., González, F., & Altamar, A. del S. (2021). No Title. *Universidad Libre*, 15. https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/inge_libre/article/view/9355/8263
- Solex (2024). . ¿Qué es el mantenimiento predictivo?. <https://www.solex.biz/actualidad-ibm-maximo/mantenimiento-predictivo-optimiza-tiempo-dinero-empresas/>
- Torresano, J. (2017). Diseño de una planta para el tratamiento de los efluentes líquidos de la industria gráfica. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16985/1/CD-7562.pdf>
- Álvarez, P., & Valencia, F. (2018). PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FLEXOGRAFIA PARA REDUCIR SUS COSTOS UNITARIOS EN UNA EMPRESA PLASTICOS. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2105/IND_T030_70618457_T_ValenciaMontoya%2C%20FrancoJosue.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aulestia, L., & Celi, M. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS CON CAPACIDAD DE 20 kW/mes PARA SER

- UTILIZADOS EN INSTALACIONES INDUSTRIALES.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13636> BancO2®. (2024). Compensación huella de carbono.
<https://www.banco2.com/calculadora/banco2v4/public/compensa-empresas>
- Bitar, S., & Chamas, F. (2017). Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia.
<http://HdCl.handle.net/10726/1572>
- Centro de Formación de Infrarrojos, & FIT. (2012). Guía de termografía para mantenimiento predictivo. http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820264/T820264_ES.pdf
- DANE. (2015). ASPECTOS ECONÓMICOS INCLUIDOS, EL COMERCIO Y LOS PATRONES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO.
<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Ilac/40-Consumo-de-SAO/Consumo-Sustancias-Agotadoras-del-Ozono.pdf>
- Decreto 172 (2014). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=57274>
- Decreto 298 (2016). <https://archivo.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/55-decreto%20298%20feb%202016.pdf>
- Decreto 837 (2018).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?dt=S&i=82107#5>
- Domínguez, G. (2014). Sensores de Presencia para Control de Iluminación [Universidad Veracruzana].
https://www.academia.edu/30821301/UNIVERSIDAD_VERACRUZANA_SENSORES_DE_PRESENCIA_PARA_CONTROL_DE_ILUMINACION_MONOGRAFIA_QUE_PARA_OBTENER_EL_TITULO_DE_INGENIERO_MECANICO_EL_CENTRICISTA_PRESENTA_GABRIELA_DOMINGUEZ_BONILLA?uc-g-sw=33561469
- Endesa. (s. f.). Ahorra energía con los sensores de movimiento. 2023.
<https://www.endesax.com/es/es/historias/2021/sensores-movimiento-ahorro-energia>

- Impleseg. (2024). Seguridad industrial. <https://www.tiendaimpleseg.com/extintor-co2-dioxido-carbono-impleseg-15-lbs>
- Lucchi, E. (2018). Applications of the infrared thermography in the energy audit of buildings: A review. SciencDirect.
- Master (2022). EMISIONES EN CALDERAS. <https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/292-emisiones-en-calderas>
- Mercado Libre (2023). Sensores de movimiento. https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-460179467-sensor-de-movimiento-tipo-interruptor-facil-instalacion-_JM#position=31&search_layout=stack&type=item&tracking_id=1f49b576-06a8-4924-8743-0fdae7e4030
- Mera, A., & Zambrano, G. (2018). ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO EMPLEANDO SENSORES DE PRESENCIA EN EL EDIFICIO 3 DE LA UTM. Riemat, 5. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1422/1502>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (2020). Cartilla buenas prácticas ambientales en extintores portátiles con HCFC. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Cartilla_Buenas_Practicas_Ambientales_en_extitores_portatiles_c on_HCFC-123.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Boletín No 45 – Avances de eliminación de HCFC sector extinción de incendios. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/boletin-45.pdf>
- Riaño, J. (2016). DISEÑO DEL PLAN DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA DE LA ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA – ESAP.
- SIAC. (2023). ¿Qué es un Inventario GEI? <http://www.siac.gov.co/web/siac/climaticogei>
- UNEP. (2016). Global Warming Potential (GWP) of Refrigerants: Why are Particular Values Used? https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28246/7789GWPref_EN.pdf

- Villavicencio, M. (2018). Uso de sensores de movimiento para el ahorro de energía eléctrica en el alumbrado público de la calle Galo Plaza en el cartón Tosagua. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2108/1/ULEAM-IEL-0049.pdf>
- UPME. (2023). PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA MÁXIMA 2023-2037. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/UPME_Proyeccion_demanda_2023-2037_VF2.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2015). Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia. https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVABLES_WEB.pdf
- Vásquez, F. (2015). MERCADO NO REGULADO - MNR. <https://www.ces.org.do/images/2015/UsuariosnoReguladosFelixVasquez.pdf>
- Vega, D. (2019). ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA EN EL AÑO 2018. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8442/39176.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villalobos-González, W., Sibaja-Brenes, J. P., Mora-Barrantes, J. C., Álvarez-Garay, B. (2021). Evaluación del impacto ambiental en una industria gráfica, que utiliza impresión litográfica tipo “offset”. UNA, 35, 17. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/14486/20250>
- Vázquez, I., Madrid, C., Chávez, A., & Villalba, G. (2022). Lifecycle Carbon Footprint: The Case Study of the electricity use in Puebla, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 38. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992022000100107&script=sci_arttext&tlng=en

Vásquez, M. W. J., Vásquez-Ramírez, L., & Cabrejos, B. E. M. (2022). Huella de carbono generado por los principales materiales utilizados en la construcción de instituciones educativas en la sierra Norte de Perú.

Vázquez-Hernández Arely, Sánchez-Dominguez Genoveva, Salazar-Valencia Iván, Sosa-Mendoza Jorge Arturo, & Montano-Román Rodolfo Alberto. (2020). Análisis de la huella de carbono en el gran café La Parroquia, de Veracruz, sucursal malecón. Revista Internacional de

Desarrollo Regional Sustentable, 5.

<http://www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/59/63>

Villavicencio, M. (2018). Uso de sensores de movimiento para el ahorro de energía eléctrica en el alumbrado público de la calle Galo Plaza en el cartón Tosagua. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2108/1/ULEAM-IEL-0049.pdf>

World Business Council Sustainable Development, & World Resources Institute. (2006). Protocolo de gases de efecto invernadero. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdfv

GLOSARIO

Compensación: medidas “encaminadas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, las localidades y el entorno natural por los impactos o efectos negativos que no puedan ser corregidos, mitigados o sustituidos” (MAVDT,2010)

Inventario de emisiones: “Reporte sobre la cantidad de GEI emitidos y absorbidos hacia y desde la atmósfera como resultado de actividades humanas, para un período de tiempo y territorio definidos. En los inventarios sólo se reportan los 6 GEI generados por las actividades humanas: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Hexafluoruro de azufre (SF₆), Perfluorocarbonos (PFC).” (SIAC, 2023)

Mitigación: intervención humana destinada a reducir las fuentes o intensificar o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2007). Intervención humana para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático (IPCC, 2007a).

Potencial de calentamiento global: “Mide los efectos relativos del calentamiento global que diferentes gases ejercen sobre la Tierra. Asigna un valor a la cantidad de calor atrapada por una masa de gas determinada, en relación con la cantidad de calor atrapada por una masa similar de dióxido de carbono, durante un período específico de tiempo. El dióxido de carbono fue elegido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) como punto de referencia, pues se considera que su PCG es 1” (UNEP, 2016)

Sustancias agotadoras de la capa de ozono: “Son productos químicos orgánicos derivados de halogenados de hidrocarburos. Contienen cloro (Cl) y bromo (Br), son muy persistentes, y se descomponen en la estratósfera por acción de la radiación ultravioleta proveniente del sol, liberando así átomos de Cl y Br sumamente reactivos que conducen al agotamiento del ozono estratosférico” (DANE, 2015).

ANEXOS

ANEXO 1.

FORMATO

FORMATO INSPECCIÓN GENERAL			FORMATO 1		
DATOS GENERALES DE LA EMPRESA					
NOMBRE DE LA EMPRESA					
DIRECCIÓN		TELÉFONO			
MUNICIPIO		LOCALIDAD		BARRIO	
NÚMERO DE EMPLEADOS	Operativos	PERSONA DE CONTACTO			
	Administrativos	CARGO			
AÑO BASE		CELULAR		FECHA DE LA VISITA	
DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS					
LA EMPRESA HA CALCULADO LA HUELLA DE CARBONO	SI		NO		AÑO CALCULADO
LÍMITES ORGANIZACIONALES					
PARTICIPACIÓN ACCIONARÍA (Porcentaje de propiedad de la empresa)		CONTROL OPERACIONAL (Porcentaje de control operacional)			
LÍMITES OPERACIONALES -FUENTES DE EMISIÓN					

Otras Fuentes de emisión identificadas y con información del año base			
IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS IMPLEMENTADAS QUE CONTRIBUYAN A LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES			
TIPO DE MEDIDA	IMPLEMENTADA	EN IMPLEMENTACIÓN	SIN IMPLEMENTAR
PARTICIPANTES			
NOMBRE COMPLETO	CARGO		
REGISTRO FOTOGÁFICO DE LA VISITA			

ANEXO 2

REGISTRO FOTOGRAFICO

Figura 39

Compresor de Aire



Nota. Compresor de aire ubicado en el segundo piso de la planta de producción

Figura 40

Maquina Descartonadora



Nota. Máquina que funciona con aire para retirar el sobrante de papel producto en proceso

Figura 41

Compactadora de Reciclaje



Nota. Máquina que comprime el material para reducir su volumen.

Figura 42

Máquina Descartonadora



Nota. Máquina para perfilar el material en proceso

Figura 43

Almacenamiento de Residuos Líquidos



Nota. Área destinada para el acopio de residuos líquidos y sólidos generados de los diferentes procesos productivos de la organización

Figura 44

Máquina Barnizadora UV



Nota. Aplicación de barniz sobre el producto Impreso uso de lámparas UV.

Figura 45

Subestación Eléctrica



Nota. Instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica

Figura 46

Máquina Corrugadora



Nota. Transformar el papel en placas cartón

Figura 47

Sistema de Control de Vectores



Nota. Lámparas UV para control de insectos

Figura 48

Máquina Colaminadora



Nota. Realizar el pague de la cartulina con el microcorrudado mediante la aplicación de colbón industrial

Figura 49

Máquina de Ristras



Nota. Producir paquetes pegados uno del otro

Figura 50

Ascensor de Carga



Nota. Cargue y descargue de material

Figura 51

Extintores



Nota. Extintores usados en la empresa objeto de estudio para el control de conatos.

Figura 52

Sistemas de Lavamanos



Nota. Llaves tipo push

Figura 53

Impresoras y Plotter



Nota. Impresoras usadas en el área de diseño

Figura 54

Iluminación



Nota. Iluminación tipo led

Figura 55

Maquinaria Caladora



Nota. Herramienta portátil eléctrica que permite realizar cortes rectos o curvos fácilmente sobre casi cualquier superficie.

Figura 56

Mezcladora de pinturas



Nota. Permiten mezclar con economicidad y eficiencia de tiempo diferentes Pintura

Figura 57

Máquina de Pegante Caliente



Nota. Permiten pegar las pestañas del producto terminado de manera fácil y eficiente.

Figura 58

Máquina de Impresión Flexográfica



Nota. Fabricación de etiquetas y empaques flexibles.

Figura 59

Ventilador



Nota. Elemento usado en el área de diseño para refrescar el área.

Figura 60

Máquina de Corte CNC



Nota. Máquina de corte usada para la elaboración De los dumin (prototipo) en el área de diseño

Figura 61

Almacenamiento de Cilindros de Gas Propano



Nota. Estructura y área diseñada para acopiar Los cilindros de gas propano usados en Los montacargas

Figura 62

Esmeril



Nota. Corte, desbaste y pulido de materiales como acero.

Figura 63

Dispensador de Agua



Nota. Agua potable para los colaboradores

Figura 64

Balanza



Nota. Equipo usado para pesar las sustancias químicas en las pruebas de laboratorio en los sustratos

Figura 65

Sensor de Movimiento en Escaleras Segundo Piso por Corrugado



Nota. Sensores de movimiento usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 66

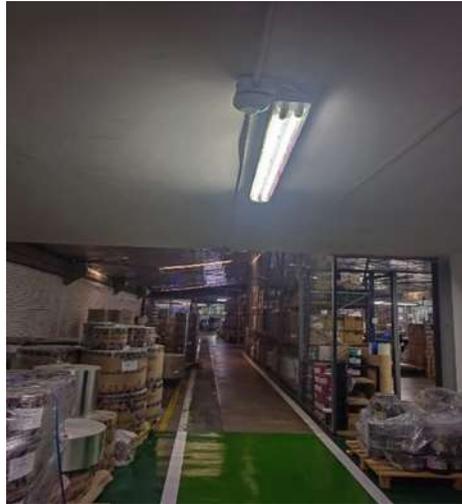
Sensor de Movimiento en Pasillo Máquina de Ristras



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 67

Sensor de Movimiento en Pasillo Tintas – Terminados



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 68

Sensor de Movimiento en Ascensor Primer Piso



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 69

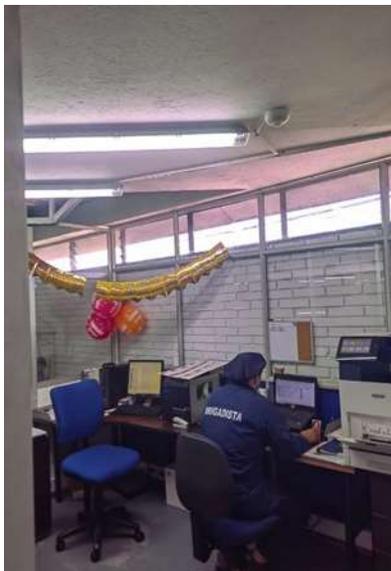
Sensor de Movimiento en Cuarto de Respel



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 70

Sensor de Movimiento en Oficina de Producción



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 71

Sensor de movimiento en oficina



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 72

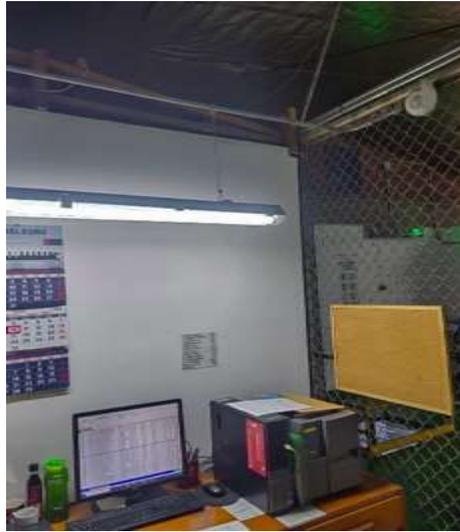
Sensor de movimiento en cuarto de lavado de flexografía



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 73

Sensor de movimiento en oficina de supervisor de flexografía



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 74

Sensor de Movimiento en Baños Hombres



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 75

Sensor de Movimiento en Baños Mujeres



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 76

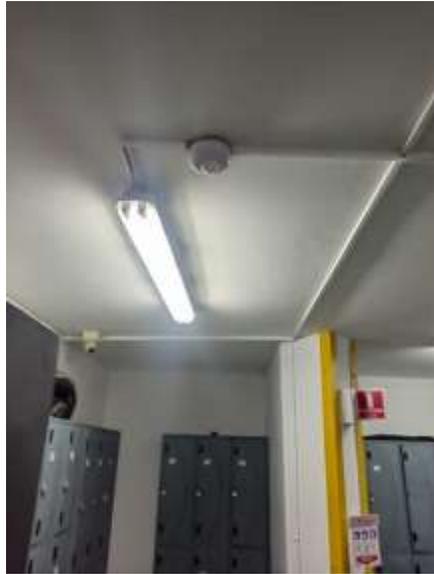
Sensor de Movimiento en Pasillo Lockers



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 77

Sensor de Movimiento en Lockers Hombres



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 78

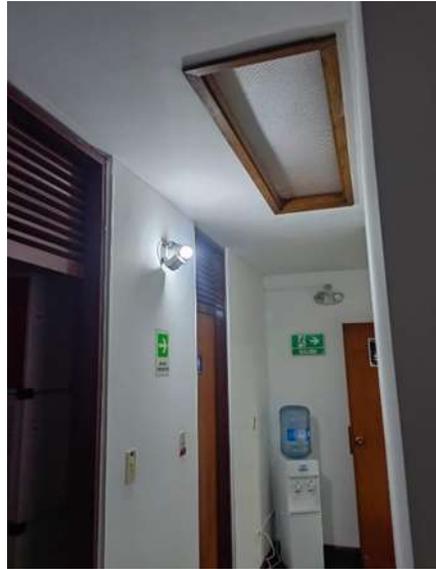
Sensor de Movimiento en Lockers Mujeres



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 79

Sensor de Movimiento en Pasillo – Entrada



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 80

Sensor de Movimiento en Pasillo Taller y Troqueles



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 81

Sensor de Movimiento en Bodega de Troqueles



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 82

Sensor de Movimiento en Ascensor 2 Piso



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

Figura 83

Sensor de Movimiento en Bodega detrás de Taller



Nota. Sensores usados para el ahorro de energía eléctrica

ANEXO 3.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que la empresa caso de estudio hace parte de una de las industrias que presenta una considerable participación dentro de la industria manufacturera, es de importancia diagnosticar e identificar mediante el empleo de un indicador ambiental como lo es la huella de carbono, siendo este un tema que hoy en día ha venido cogiendo mayor fuerza, derivado de las diferentes proyecciones científicas frente al cambio climático.

Para el mejoramiento del cálculo de la huella de carbono, se recomienda a la empresa llevar una base de datos del transporte de la mercancía que es entregada a clientes en Bogotá y nivel Bogotá, donde los datos a mantener actualizados son; tipo de vehículo, modelo, tipo de combustible, kilómetros recorridos, destino, así mismo, establecer una herramienta o mecanismo de captura y actualización de información frente al transporte de colaboradores.

La Empresa caso de estudio demostró durante el desarrollo del presente trabajo una disposición organizacional y administrativa de gestionar este cálculo de la Huella de Carbono (HdC), no obstante, se invita a que anualmente realice la medición con el fin de monitorear el comportamiento de las emisiones y poder establecer estrategias encaminadas en reducir la HdC, y contribuir al objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 13- Acción por el clima y estar alineados con la normativas e iniciativas del Gobierno frente al Cambio Climático.

De acuerdo a los alcances definidos en la presente investigación, se sugiere que, en los próximos cálculos, se pueda tener en cuenta las emisiones de CO₂eq generadas por el consumo de cada tipo de papel utilizado dentro del proceso productivo, ya que esta actividad representa ser de relevancia teniendo en cuenta la actividad económica de la empresa.

Teniendo en cuenta que el alcance 2 es el que generó mayor contribución a la huella, se sugiere a la empresa seguir haciendo uso de la luz natural como se logra identificar en el segundo piso, en el área de terminados, con el fin de poder aprovechar eficientemente la luz del día.

De acuerdo con el resultado obtenido en el numeral 4.3.2 sobre el no aporte en la disminución de la HC por la implementación de un sistema fotovoltaico, se surge necesidad de

que se realice un estudio más exhaustivo sobre el verdadero beneficio del uso de energías alternativas frente a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.