

**MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO ENERGÉTICO EN
EL PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA EN LA EMPRESA IMPREPACK
COLOMBIA S.A.S**

SEBASTIAN ROCHA FRANCO

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

ORIENTADOR

HARVEY ANDRÉS MILQUEZ SANABRIA

INGENIERO QUÍMICO

MSC INGENIERÍA – INGENIERÍA QUÍMICA

PHD CIENCIAS – ENERGÍAS RENOVABLES

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
ESPECIALIZACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL
GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director
Firma del Director

Nombre
Firma del presidente Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Bogotá, D.C. mayo de 2022

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora Ingeniería Química

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.

Los diamantes son para siempre como la familia y la lealtad.
O canciones de rap reales como C.R.E.A.M. o mi melodía
Los diamantes son para siempre como mi pensamiento infinito
Como el respeto en el barrio que no se puede comprar.
Gracias Familia, novia y amigos. -GURU-

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
1. OBJETIVOS	9
1.1 Objetivo general	9
1.2 Objetivos específicos	9
2. MARCO REFERENCIAL	10
2.1. Marco teórico	10
2.1.1. <i>Medio ambiente.</i>	10
2.1.2. <i>Contaminación atmosférica</i>	11
2.1.3. <i>Huella de carbono</i>	11
2.1.4 <i>Acuerdos internacionales para la huella de carbono.</i>	13
2.1.4.4. <i>Acuerdo de Paris</i>	14
2.1.5 <i>Principales metodologías la medición de la huella de carbono</i>	15
2.1.6 <i>Impresión Flexográfica.</i>	17
2.2 Marco legal	21
3. METODOLOGIA	25
3.1 Recolección de datos.	25
4. RESULTADOS	28
4.1. Identificación de maquinaria.	28
4.2. Cálculo de la huella de carbono energético.	31
4.2.1. <i>GHG protocol</i>	31
4.2.2. <i>Análisis de huella de carbono energético.</i>	31
4.3. Medidas para la reducción de la huella de carbono energético.	35
5. CONCLUSIONES.	38
BIBLIOGRAFIA	39

RESUMEN

El siguiente trabajo, se presentan posibles medidas para la reducción de la huella de carbono energético de los equipos empleados en el proceso de impresión flexográfica en Bogotá. Para empezar, se realizó un marco teórico que abarca cada uno de los datos generales necesarios, luego se tiene un marco legal el cual contiene información sobre la reglamentación de la Gestión Ambiental en la ciudad de Bogotá, Colombia. Después se ejecutó la metodología propuesta, la cual incluye visitas a la planta de producción para realizar los diferentes ejercicios de visualización y análisis de maquinaria, donde se extrajeron datos de consumos energéticos por equipo en unidades de kWh. Se estiman valores de 25 kWh para la impresora 1, 16 kWh para la impresora 2, 12 kWh para la laminadora, 8 kWh para la cortadora, 3 kWh para la selladora 1, 4 kWh para la selladora 2 y 11 kWh para el compresor. Esto con el fin de hacer uso de la metodología propuesta por el GHG protocol y calcular la huella de carbono energético, cumpliendo con el objetivo; Finalmente se obtienen resultados de la huella de carbono energético para esto se calculó el consumo energético total el cual es de 18960 kWh, lo cual genera una huella de carbono de 3116,61 kg CO₂eq en base a estos resultados se plantean diferentes medidas la reducción de la misma, teniendo en cuenta los procesos de producción, tiempos muertos y mantenimientos correctivos y preventivos.

Palabras Clave: GHG protocol, Gestión Ambiental, Gases de efecto invernadero, Flexografía.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental se define como la presencia de agentes nocivos y tóxicos en la naturaleza. Normalmente esta contaminación es creada por los seres humanos, al pasar de las décadas los seres humanos han incrementado la producción de diferentes materiales debido a esto la industria ha tenido un crecimiento exponencial, convirtiéndose en las mayores productoras de gases de efecto invernadero. El aumento en la producción se debe a la necesidad de cumplir las necesidades de consumo de la población.

Para el año 1959 las emisiones de gases por parte de combustibles fósiles y actividad industrial eran cerca de 10 miles de millones de CO₂/año, en comparación con el año 2019 este valor fue de 35 miles de millones de CO₂/año (Global Carbón Atlas, 2022). Dejando en evidencia un aumento considerable en los gases de efecto invernadero generando una problemática ambiental la cual ha logrado aumentar la temperatura de la tierra y ha acelerado el cambio climático.

El ministerio de ambiente aseguró que en el año 2019 las emisiones de CO₂ en Colombia aumentaron 8562 kilotoneladas, cerca de un 10,98% en comparación con el 2018 (Min ambiente, 2019). Colombia ha emitido cerca de 0,12 kilos por cada 1000\$USD de PIB, con esto se asegura que son cerca de 86.550 kilotoneladas totales de CO₂ (GlobalCarbonProject, 2020) emitidas por el país en todos los sectores tanto industriales como sociales.

Las industrias en Colombia son el tercer grupo que más emisiones emite, después de la agricultura y la producción y consumo de energía (Pulido, Turriago, Jiménez. 2016), esto se debe a un aumento poblacional, buscando suplir necesidades humanas a nivel de consumo de productos energía y alimentos. Teniendo en cuenta esto, la energía y la producción industrial son grupos de impacto ambiental considerable según el INGEI, es por esto que la industria flexográfica juega un papel importante en la cantidad de emisiones generadas, ya que su consumo energético, puede llegar a ser de gran impacto, asimismo el uso de polímeros logra tener un impacto considerable a nivel de gases de efecto invernadero.

Con el fin de contribuir a la reducción de los gases de efecto invernadero en Colombia a nivel energético, este proyecto propondrá calcular la huella de carbono energético generado en la empresa Imprepack Colombia S.A.S ubicada en la ciudad de Bogotá y diferentes medidas para la reducción de la misma.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Establecer una metodología para el cálculo de la huella de carbono energético, en el proceso de impresión flexográfica para la empresa Imprepack Colombia S.A.S ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar los equipos utilizados en el proceso de impresión flexográfica.
- Estimar el consumo energético de los equipos utilizados en el proceso de impresión flexográfica.
- Proponer medidas para la reducción de la huella de carbono energético para las máquinas usadas en el proceso de impresión flexográfica.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. Medio ambiente.

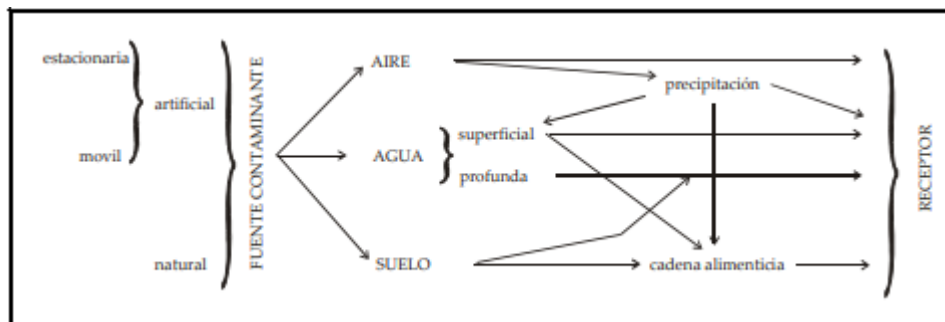
Se entiende como medio ambiente, el espacio en el que los seres vivos desarrollan la vida y donde se logra favorecer su integración. Es así que el lugar que los seres humanos y distintos organismos llaman tierra es el medio donde viven, interactúan y se desarrollan. Actualmente la humanidad afronta diferentes problemas, entre ellos la contaminación, a esta se le define como la presencia en el aire, agua o suelo de sustancias o formas de energía no deseables que logren afectar la salud y bienestar de los seres vivos (Ambiental, 1997), para que se considere contaminación una presencia nueva en los ecosistemas este debe causar efectos negativos.

Los contaminantes normalmente son liberados a en la atmosfera por diferentes Notas de emisión, estas pueden ser naturales o artificiales, la mayor cantidad de contaminantes provienen por parte de las industrias de producción energética con un 60% de estas y los procesos industriales con un 8,5%, la ONU afirma que “la industria de la moda es una de las más contaminantes, esto se debe a su uso continuo de aguas sin regulación alguna”. Los contaminantes que provienen de Notas artificiales pueden ser estacionarias o fijos, estos se conocen como contaminantes primarios y tienen un flujo o nivel de emisión (Encinas, 2011)

En la figura 1 se muestra un esquema del proceso de contaminación al que los seres vivos están expuestos a lo largo de su existencia.

Figura 1.

Ilustración 1 Esquema general del proceso de contaminación



Nota: La figura representa el proceso de contaminación desde los emisores hasta el receptor. Tomado de: Encinas, M. D.(2011). Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. <http://hdl.handle.net/10810/16784>.

2.1.2. Contaminación atmosférica

La atmósfera se compone precisamente de 4 (cuatro) capas: troposfera, estratosfera, ionosfera y exosfera. En estas 4 capas existen perfiles de temperatura, vientos a diferentes velocidades y la disminución del aire. Esta normalmente está compuesta de gases naturales en diferentes porcentajes estos son N₂, O₂, Ar y CO₂ (Encinas, 2011).

Los procesos de contaminación atmosférica se desarrollan principalmente en tres pasos: emisión, procesos y efecto. El primero es una emisión al aire con cierta velocidad o nivel de emisión, la cual en este caso sería la masa contaminante, luego los contaminantes pasan por procesos de dispersión, transporte y transformación de aire, y por último esto se depositan en ciertas superficies receptoras (Encinas, 2011) dando lugar a los efectos colaterales que hoy día se ven tales como, cambio climático, efectos negativos en la salud tanto de humanos como de animales, lluvias acidas y muchos más (Ballester, 2005).

Las Notas de contaminación atmosférica pueden ser tanto naturales como artificiales, entre estos se encuentran, hidrocarburos, metales pesados, sustancias radiactivas, oxidantes fotoquímicos, compuestos de carbono, azufre y nitrógeno (Global carbon Project, 2019).

2.1.3. Huella de carbono

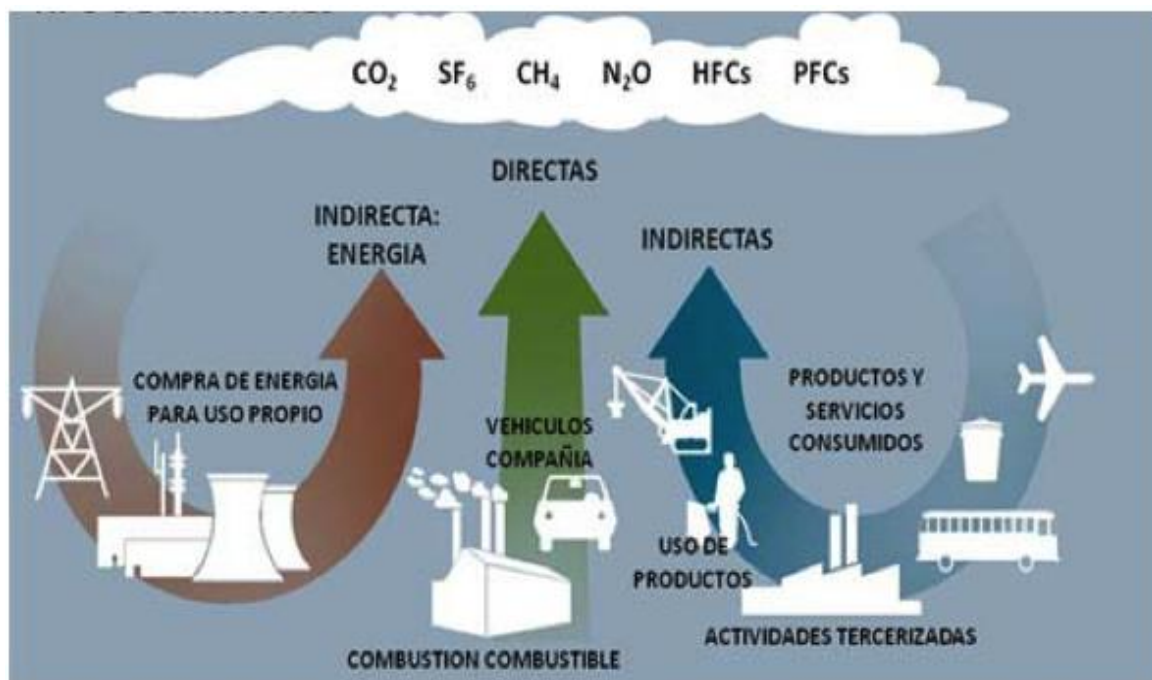
Debido al aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) la huella de carbono llega como una medida para la medición de la totalidad de gases emitidos de forma directa o indirecta ya sea por una organización, evento, producto o ser humano. (MTE, s.f). Teniendo en cuenta esto el análisis de la huella de carbono logra proporcionar un resultado que será un indicador ambiental global a la actividad que se esté desarrollando.

Para este cálculo existen ciertos alcances donde el alcance 1, son emisiones directas de gases de efecto invernadero como, por ejemplo: emisiones de calderas, hornos, vehículos, entre otros. El alcance 2 son emisiones indirectas asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización y por último el alcance 3 que son emisiones indirectas tales como: extracción y producción de materiales que adquieren las organizaciones, viajes, transportes de materias primas entre otros. (GHG protocol, s.f)

En la figura 2 se puede apreciar el esquema que Green house gas protocol brinda sobre el cómo las emisiones son contempladas según el alcance que se obtenga en este casi se tienen alcance 1 2 y 3 donde 2 y 3 son indirectos, y el alcance 1 es directo, en base a estos alcances se realiza el cálculo de la huella de carbono dependiendo el sector y el alcance que se quiera manejar. Como bien se entiende el fin de la huella de carbono es cuantificar y generar un indicador de impacto ambiental. Para lograr identificar puntos clave de contaminación, basados en una gestión que se encarga de analizar el estado inicial, cuantificar la huella de carbono, analizar riesgos y oportunidades, creando un plan de mitigación y por último comunicar (Levin, Finegan, s.f), logrando disminuir esta huella de carbono que dejan las organizaciones a tal punto que sea aceptables y beneficiosos tanto para el medio ambiente como para la humanidad.

Figura 2.

Esquema greenhouse gas protocol, alcances.



Nota. La figura representa un esquema de alcances de emisiones de gases de efecto invernadero. Tomado de: Encinas, M. D.(2011). Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. <http://hdl.handle.net/10810/16784>.

2.1.4 Acuerdos internacionales para la huella de carbono

2.1.4.a Pacto Climático de Glasgow. En el año 2021 se citaron a cerca de más de 200 países con el fin de llevar a cabo la COP26 contra el cambio climático, en esta se firmó el pacto climático de Glasgow el cual fue acogido por casi 200 países, esto con el fin de mantener los objetivos dados en el acuerdo de París, tomando como punto principal la limitación del calentamiento a 15 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales.

Los logros propuestos por el pacto Climático de Glasgow en torno a la COP26 son: ofrecer un enfriamiento respetuoso con el clima, donde el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) anuncio medidas para reducir el impacto climático en la industria de la refrigeración, donde se incluyen impulsos monetarios por parte del gobierno del Reino Unido. También se busca reducir las emisiones de metano con el apoyo de la unión europea. El PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) presentó el observatorio internacional de emisiones de metano (IMEO) para así lograr la reducción de este potente gas de efecto invernadero. Otro de los logros propuestos es el fin de la deforestación para la protección de ecosistemas a este se sumaron más de 100 líderes mundiales que prometieron poner fin a la deforestación para el año 2030 y destinar cerca de US\$ 19.200 millones (United nations, 2021).

2.1.4.b Protocolo de Kyoto. Instrumento jurídico internacional, el cual entra en vigor el 16 de febrero de 2005, poniendo en funcionamiento la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, es uno de los primeros documentos internacionales, conocido por sus esfuerzos orientados en la generación de un acuerdo entre países industrializados para la limitación y reducción de gases de efecto invernadero.

Entre los objetivos del protocolo de Kyoto se propone la reducción de gases de efecto invernadero tales como: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre. Además, suponen una reducción media de las emisiones de estos gases anteriormente mencionados del 5% en comparación a los niveles de 1990. Adicional a esto el protocolo de Kyoto establece mecanismos de mercado, desarrollo limpio y aplicaciones conjuntas, con esto buscan que los países logren cumplir sus objetivos de reducción de gases de efecto invernadero (United Nation Climate Change, 2005).

2.1.4.c. Acuerdo de Copenhague Documento presentado por diferentes países desarrollados en el marco de la XV conferencia internacional sobre el cambio climático logrando dar continuidad al protocolo de Kioto abarcando especialmente el cambio climático. Este fue tomado por países como China, India, Brasil, Sudáfrica y Estados Unidos seguido a esto la Unión europea decide hacer parte de este acuerdo.

El Acuerdo de Copenhague ha sido criticado y señalado como un fracaso, esto se debe a su falta de objetivos y plazos para el control de emisiones de gases de efecto invernadero, cuidado del medio ambiente y aumento en la temperatura. Debido a esto, este acuerdo no llegó a ser oficializado ni entrar en vigencia (United Nations, 2010).

2.1.4.d. Acuerdo de París Es un tratado internacional sobre el cambio climático, se adoptó por 196 partes en la COP21 en París, entrando en vigencia a partir del 4 de noviembre del 2016. Tiene como objetivo la limitación del calentamiento mundial, proponiéndose una temperatura por debajo de los 2 °C y preferiblemente a 1,5 °C. Este tratado funciona bajo un ciclo de cinco años de medidas climáticas que se han llevado a cabo por los países (Acuerdo de París, 2015)

Los objetivos planteados por el acuerdo de París están dados a largo plazo, generando estrategias de desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, el acuerdo de París proporciona un marco para el apoyo financiero y de creación de capacidad para los países que le soliciten, en este acuerdo se tienen apoyos financieros, tecnológicos y fomentación de la capacidad, logrando que los países establezcan un marco de transparencia mejorado, donde a partir del 2024 se informara de manera transparente las medidas que han tomado para la reducción del cambio climático (Guzmán, 2011).

Desde la entrada en vigor del acuerdo de París se han dado soluciones bajas emisiones de carbono, asimismo más países, regiones, ciudades y empresas están estableciendo objetivos para la neutralización del carbono, llegando a plantear objetivos de cero emisiones. Finalmente, la tendencia que más sobresale, está en los sectores de la energía y transporte, donde se han creado nuevas oportunidades de negocios para la reducción de las emisiones de estas industrias (United nation Climate change, 2015).

Como se puede evidenciar, los acuerdos descritos anteriormente no han logrado tener una eficiencia para el control de los gases de efecto invernadero y el cambio climático, generando una falta de metodologías para la medición de la huella de carbono.

2.1.5 Principales metodologías la medición de la huella de carbono

2.1.5.a Greenhouse gas protocol. Protocolo de gases de efecto invernadero es una herramienta internacional, fue desarrollada entre el World resources institute y el World business council for sustainable development, esto en conjunto de empresas y gobiernos que estaban enfocados en el cambio climático, con el fin de crear una nueva generación de programas efectivos que pudiesen abordar el cambio climático (Finegan, Levin, s.f).

Es una metodología extensa, pero eficaz la cual logra cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero tanto directos como indirectos, de cualquier sector ya sea industrial, energético, agrónomo, entre otros...Este estándar es utilizado por grandes empresas, países para la medición de gases de efecto invernadero y huella de carbono. Esta metodología se basa en la definición de los alcances y los estándares, entre los estándares se encuentran: corporativo, cuantificación de proyectos, corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de cadena de valor (Green House Protocol, 2015)

2.1.5.b Plan PIGA. El plan PIGA es un instrumento de planeación ambiental para la medición de la huella de carbono de la secretaria distrital de ambiente de la ciudad de Bogotá, basado en el GHG protocol, el cual inicia con el análisis de la situación ambiental, este tiene como objetivo brindar información, argumentos para el planeamiento de acciones de gestión ambiental y estandarizar el proceso para la medición de la huella de carbono corporativa reduciendo las emisiones, cumpliendo con los objetivos planteado en el decreto 456 de 2008 y otras acciones ambientales que aporten a la totalidad de los objetivos ambientales establecidos en el PGA. Así este pretende integrar los sistemas de gestión ambiental basados en la norma técnica NTC-ISO 14001 (secretaria Distrital de Ambiente, 2013).

2.1.5.c PAS 2050. Es una recomendación desarrollada por British Standards Institution en conjunto con el departamento de medio ambiente, alimentación y Medio Rural y la organización no gubernamental Carbon Trust en el Reino Unido. Esta fue realizada con el fin de facilitar a las empresas un método claro para la medición de la huella de carbono a lo largo de su proceso de producción o de servicio, también tiene en cuenta la adquisición de materias primas y la gestión de residuos del producto. Esta cuenta con directrices de las normas en ISO 14021, ISO 14044, ISO/IEC 17050-1 entre otras. (Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2010).

2.1.5.d Norma ISO 14064. Esta herramienta le permite a las industrias y el gobierno desarrollar programas para lograr la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, también ayuda a la organización para la producción entorno a los planes de comercio de emisiones. Cabe aclarar que esta norma fue una de las primeras metodologías de cálculo que brindó a disposición un software libre, empleando indicadores de metodologías anteriores usadas. Esta consta de las siguientes partes:

1. Se debe dar una especificación con orientación, a niveles de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.
2. Especificación con orientación a nivel de proyecto, para cuantificación, seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o aumento en las remociones de GEI.
3. Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre GEI.

Esta norma tiene como objetivo especificar los principios y requisitos para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero a nivel organizacional (Organización internacional de estandarización, 2006).

2.1.5.e Bilan Carbone. Es una herramienta para el cálculo de emisiones de carbono usada durante Clim'foot Project, esta toma análisis de las organizaciones y estima las emisiones de gases de efecto invernadero en un momento exacto. Cuenta con un archivo Excel el cual tiene datos fijos y otros para completar, entre los datos fijos se encuentran sectores de actividades de la organización como: energía, transporte, entre otros. Asimismo, esta tiene en cuenta todas y cada una de las emisiones físicas, directas e indirectas y sus resultados son presentados en CO₂eq (Clim' foot, 2016).

2.1.5.f Carbone Impact. Es la primera herramienta web interactiva capaz de calcular las emisiones de CO₂, esta se rige bajo la normativa europea que obliga a profesionales de transporte informar la cantidad de emisiones de CO₂ en sus recorridos, logrando ofrecer la misma calidad de cálculos en el marco regulatorio por la unión europea (Cominotti, 2005).

2.1.6 Impresión Flexográfica

La impresión flexográfica es un sistema de impresiones en altorrelieve, la tinta es puesta sobre una plancha la cual se desaloja en otra plancha que tiene el relieve en algún material para que este, realice cierta presión sobre un material imprimible, dejando la tinta donde ha tocado la superficie a imprimir (siemens, 2008)

Estos sistemas de impresión se conocen como impresión con goma, nace precisamente en Inglaterra, pero luego de varios intentos sus inicios se remontan a Francia a finales del siglo XIX, donde era utilizado para estampar envases y paquetes, la impresión flexográfica en esta época llego como la sustitución de la tipografía (Aguñaga, 2016).

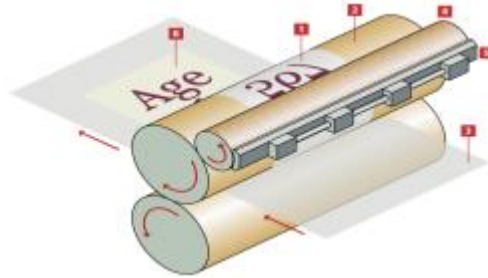
Al pasar de los años, hubo avances tecnológicos tanto en tintas como en materiales a imprimir, estos materiales en la actualidad normalmente son polímeros plásticos, el cual es un material económico, liviano, flexible y apto para impresión. En el sistema de impresión los avances se dieron en gran parte sobre las planchas para impresión ya que hoy día estos están hechos de fotopolímeros, asimismo las tintas debido a su alta contaminación en la actualidad se usan tintas de base acuosa (Kilopova, 2018).

Como se evidencia en la figura 3 un material a imprimir, pasa en medio de dos cilindros, donde uno de ellos contiene un fotopolímero con la forma o figura a imprimir, la tinta se aloja en

la plancha y esta embadurna el fotopolímero para que este por medio de presión realice la impresión en el material (Siemens, 2008).

Figura 3.

Procedimiento impresión flexográfica.



Nota: La figura representa el proceso de impresión flexográfica. Tomado de: Aguiñaga, R., & Alfaro, A. (2016). Mejora del método de trabajo para el departamento de flexografía en la impresión de etiquetas. (Trabajo de grado) Instituto Politécnico Nacional. Upiicsa, <https://www.upiicsa.ipn.mx/>.

Proceso de impresión.

El esquema de impresión se da en 7 pasos:

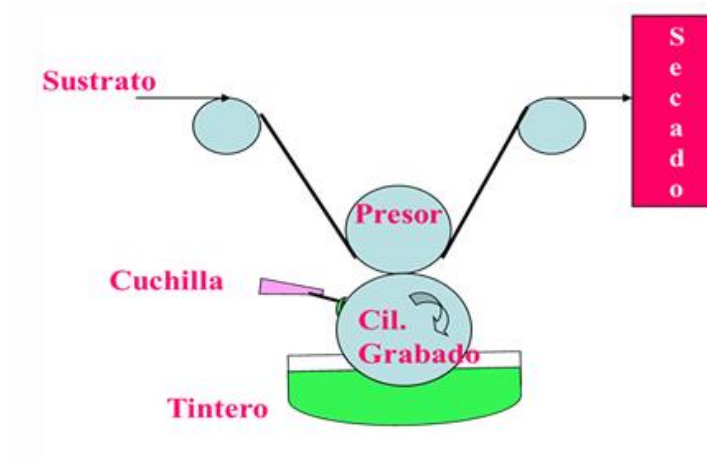
- I. Se prepara una plancha de fotopolímero con material flexible y gomoso, las zonas que van a imprimir van en relieve con respecto a las no imprimibles.
- II. La plancha de fotopolímero se ajusta al cilindro.
- III. Se engancha un sustrato al sistema para realizar la impresión sobre este.
- IV. Un cilindro con hendiduras recibirá la tinta, una cámara cerrada proporcionará la tinta al cilindro, una rasqueta extremadamente precisa, eliminará el sobrante de tinta e impedirá que la tinta se escape de la cámara
- V. Al girar este cilindro, entrará en contacto con la plancha y le proporcionará la tinta necesaria, solo a la parte que tiene relieve.
- VI. La plancha seguirá girando, hasta entrar en contacto con el sustrato, y por medio de presión fijará la imagen.
- VII. El sustrato recibe la imagen de tinta y sale impreso. (Aguiñaga, 2016)

2.1.6.a Laminación. En segunda instancia se tiene la laminación la cual hace parte de este proceso de impresión, en este se adhiere un material a la impresión con el fin de darle solidez al empaque, para este se tienen laminaciones a base de solventes o sin solvente.

Como se evidencia en la Figura 4 esta es una impresión sin solvente donde es aplicado un adhesivo a través de un rodillo grabado y de caucho el cual, por su cara primaria aplica el sustrato al material primario, se lleva por un horno de secado donde el solvente utilizado es evaporado, luego llega al rodillo laminador donde se encuentra el material ya impreso y por último se adhiere a este material generando una doble capa de mayor resistencia al empaque (Castro,2015).

Figura 4.

Proceso de laminación con solvente.



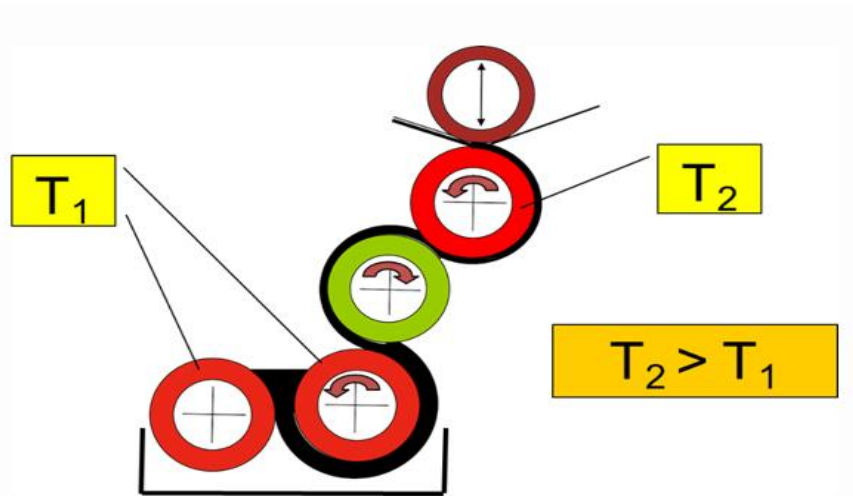
Nota. La figura representa proceso de laminación con solvente de empaques flexibles. Tomado de: López, A., & Yermen, J. (2018). La aplicación de la herramienta teoría de restricciones (TOC) para mejorar la productividad en el área de impresión-flexográfica en la Empresa Polybags S.R.L. (Trabajo de Grado). Universidad Cesar Vallejo. Repositorio Cesar Vallejo.

El segundo tipo de laminación, es la laminación sin solvente la cual se muestra en la figura 5. En esta se aplica un adhesivo en la cara del sustrato primario, se realiza a través de un conjunto de rodillos precalentados, estos aplican el adhesivo a un rodillo de caucho y este lo transfiere a un rodillo aplicador. A diferencia de la laminación con solvente esta aplicación no procede a pasar por un horno de secado, realiza un recorrido corto donde después de pasar por el rodillo aplicador llega directamente al rodillo laminador el cual une los dos sustratos, la unidad de laminación tiene

un rodillo precalentado y presor el cual logra unir y embobina nuevamente los materiales (Saavedra, 2016).

Figura 5.

Proceso de laminación sin solvente.



Nota. La figura representa el proceso de laminación sin solvente de empaques flexibles. Tomado de: ABC (2016) de la laminación de envases flexibles. <https://www.elempaque.com/blogs/ABC-de-la-laminacion-de-envases-flexibles+114126>

2.1.6.b Corte embobinador. Como tercer paso, se tiene el corte embobinador el cual consiste en una maquinaria que refila los bordes de los materiales impresos y laminados previamente con el fin de brindar un material de medidas exactas al consumidor. Esta maquinaria realiza los cortes por medio de cuchillas afiladas a cada extremo de los rollos en proceso, dando como resultado final un rollo embobinado de medidas perfectas (Álvarez, 2018).

2.1.6.c Sellado. Como último paso del proceso se tiene el sellado, el cual busca entregar un empaque perfectamente sellado en todos los costados, menos en el costado de envase de producción. Su función se da gracias a una resistencia la cual eleva su temperatura y generando una presión sobre el material logrando un sellado resistente y eficaz, estas temperaturas varían según el material a sellar.

2.2 Marco legal

Con el fin de mejorar y preservar la calidad del aire de la ciudad y Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Alcaldía de Bogotá han generado diferentes estrategias para el control de emisiones de gases de efecto invernadero, a continuación, en la tabla 1 se presentan alguna de las leyes que acobijan a la industria de impresión flexográfica regulando sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 6.

. Normatividad legal para la Gestión Ambiental Colombia.

NORMATIVA	OBJETIVO	CONTENIDO
Resolución 1962 de 2017 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Medidas ante las emanaciones atmosféricas	Se consigna el límite del indicador de cociente, del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado, para proteger el medio ambiente. Estas emisiones provienen de gases de efecto invernadero de Notas controladas por la empresa, como, hornos, vehículos, entre otras.
Decreto único reglamentario 1076 de 2015 Nivel Nacional	“Descontaminación atmosférica”	Comprende y fija el reglamento del Sector Ambiente, de protección y control de la calidad del aire, aplicable en todo el territorio nacional, por el cual se implementan las leyes de protección del medio ambiente, los mecanismos de control, prevención y atención de episodios por contaminación del aire causada por Notas contaminantes fijas y móviles, las reglas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga nocivos, ruido y olores ofensivos a la atmósfera, regula el otorgamiento de permisos de emisión, las herramientas y medio de control y vigilancia, y el papel del ciudadano en el control de la contaminación atmosférica. (Artículo 2.2.5.1.1.1 al 2.2.5.1.4.6).
Sentencia T-154 de 2013 Corte Constitucional	Medidas ante las emanaciones atmosféricas	A extracción, transportación y uso del carbón generan daños al ecosistema por lo que esas actividades deben ser vigiladas y tener severas medidas sanitarias y de control, para salvaguardar la integridad del ambiente y, particularmente, la salud y demás derechos de la población. Dicha vigilancia está respaldada en Colombia

Figura 6. (Continuación)

NORMATIVA	OBJETIVO	CONTENIDO
		<p>en la Ley 9 de 1979, la cual dicta medidas sanitarias, que asignaba al Ministerio de Salud el deber de establecer la preservación de la calidad del aire, postulado en la Ley y del Decreto Ley 2811 de 1974, Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.</p>
<p>Resolución 1541 de 2013 Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible</p>	<p>“Dictado de medidas sanitarias”</p>	<p>Determina los niveles aceptables de calidad del aire, y la evaluación de actividades que generan hedores ofensivos. Establece las pautas para la evaluación de niveles de calidad del aire o sustancias de olores ofensivos de que trata el capítulo anterior, dicha evaluación se dará a través de la medición directa de sustancias o mezclas de sustancias.</p>
<p>Decreto 948 de 1995 Nivel Nacional</p>	<p>Medidas ante emanaciones atmosféricas</p>	<p>Reglamenta la Ley 23 de 1973, el decreto Nacional 2811 de 1974, la ley 9 de 1979 y la ley 99 de 1993. Presión y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire</p>
<p>Resolución 651 de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</p>	<p>“Medidas Sanitarias”</p>	<p>Se establece el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire “Sisare”, para ser la Nota de información para la evaluación, diseño y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales para el control de la contaminación del aire y usará el Sistema de Información Ambiental para Colombia, SIAC. Igualmente obliga su implementación por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos y las demás referidas en el artículo 13 de la Ley 768 del 2002</p>
<p>Resolución 610 de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,</p>	<p>“Medidas ante las emanaciones atmosféricas”</p>	<p>Asiente la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para el territorio nacional los niveles máximos para contaminantes criterio, niveles máximos para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos y límenes para las sustancias productoras de olores ofensivos, medición de la calidad del aire por las autoridades ambientales, niveles de prevención, emergencia y alerta por contaminación del aire</p>

Figura 6. (Continuación)

NORMATIVA	OBJETIVO	CONTENIDO
Decreto 98 de 2011 alcalde mayor. Descontaminación atmosférica	Por el cual se adopta el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá	<p>“Utiliza el plan decenal de descontaminación del aire para Bogotá como planeación a corto y mediano plazo para el distrito capital que oriente la descontaminación del aire de la ciudad, para prevenir y minimizar el impacto ambiental e impacto a la salud.</p> <p>Resolución 1962 de 2017 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, tiene como objetivo las medidas ante las emanaciones atmosféricas, esta consigna el límite del indicador de cociente, del inventario de gases de efecto invernadero del etanol, anhídrido y combustible desnaturalizado para proteger el medio ambiente.</p>
Decreto 2 de 1982 Nivel Nacional	Medidas ante las emanaciones atmosféricas.	<p>Busca implementar los siguientes controles:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Calidad del aire y sistemas de medición -Emanación de partículas para Notas fijas artificiales calderas a base de carbón -Emanación de dióxido de azufre y neblina ácida para Notas fijas artificiales plantas productoras de ácido sulfúrico -Emanación para plantas de ácido nítrico en plantas de ácido nítrico -Determinación de localización de chimeneas y ductos de Notas fijas artificiales. -Contenido de humedad de las emanaciones, de la emanación de partículas por ductos de Notas fijas artificiales -Conservación y fallas en los equipos de control.
Resolución 391 de 2001 Departamento Administrativo de Medio Ambiente	Normas técnicas y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C	Normas técnicas y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C.

Figura 6. (Continuación)

NORMATIVA	OBJETIVO	CONTENIDO
Acuerdo 367 de 2009 Concejo de Bogotá D.C	Descontaminación Atmosférica	por el cual se insta a la administración distrital a que informe de manera permanente, pública y masiva el estado de la contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá, d. c., y se dictan otras disposiciones
Resolución 1699 de 2003 Departamento Administrativo de Medio Ambiente	Medidas ante emanaciones atmosféricas.	La Iniciativa de Aire Limpio procura mejorar la calidad del aire en Bogotá D.C., a fin de proteger la salud de sus ciudadanos y mitigar la contaminación local y por ende global, aunando esfuerzos entre líderes del sector público y privado, organizaciones no gubernamentales, universidades, organismos internacionales y agencias gubernamentales de cooperación internacional.

Notas. La figura representa los acuerdos, decretos, resoluciones y sentencias que rigen la contaminación atmosférica Tomado de: secretaria general Alcaldía Mayor de Bogotá. (s. f.). Nota de decretos. <https://secretariageneral.gov.co/node/decretos>.

3. METODOLOGIA

Esta investigación se realizó bajo una metodología práctica y evaluativa, la cual busca plantear diferentes medidas para la reducción de la huella de carbono en proceso de impresión flexográfica de la empresa Imprepack Colombia S.A.S. Por consiguiente, la recolección de datos permitirá presentar los conceptos de huella de carbono y consumos energéticos utilizados en el proceso de impresión flexográfica.

Los datos de consumos energéticos y tipos de maquinarias, se tomaron a partir de visitas realizadas a la planta de producción de la empresa Imprepack Colombia S.A.S ubicada en la ciudad de Bogotá. Estos datos fueron recogidos entre enero del 2021 y enero del 2022.

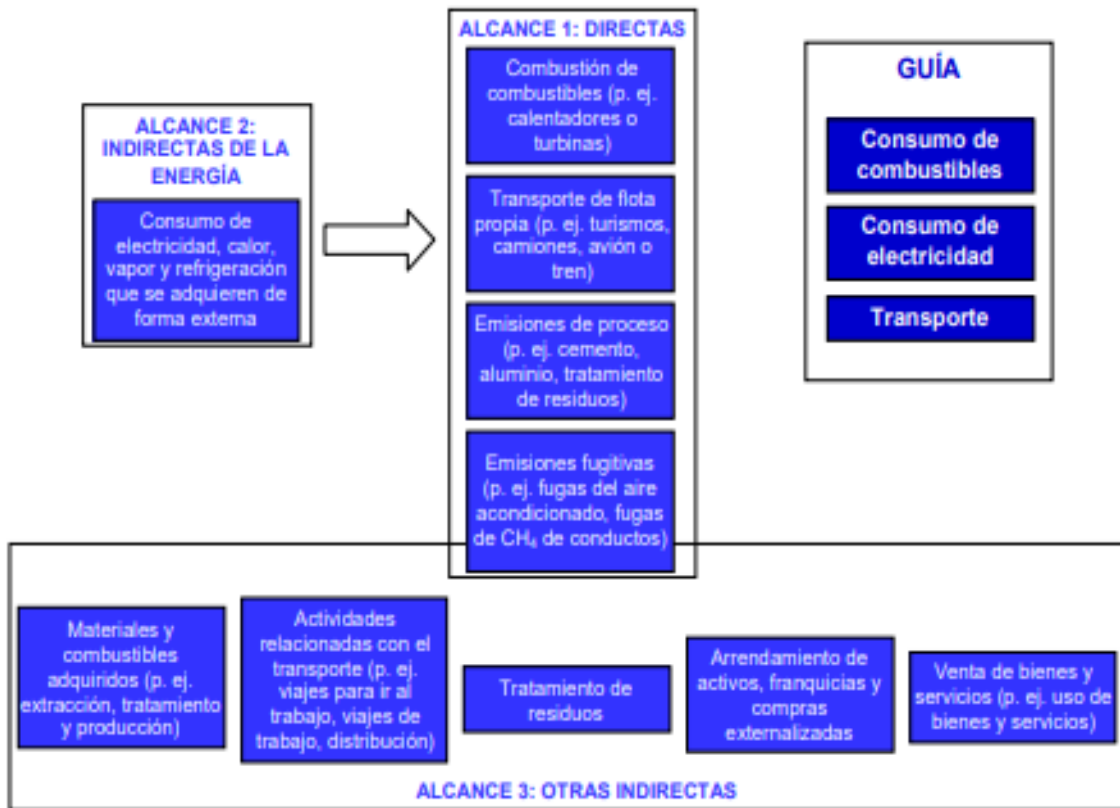
3.1 Recolección de datos.

Debido a la falta de estandarización a nivel mundial para la medición de gases de efecto invernadero, en esta investigación se decidió recolectar la información de consumos energéticos en la empresa Imprepack Colombia S.A.S basados en el GHG protocol (green house protocol) y la metodología PIGA el cual es un instrumento de planeación basado en el GHG, que parte de un análisis descriptivo e interpretativo de la situación ambiental interna, del entorno y del área de influencia.

De esta manera se inicia el procedimiento de recolección de información, localizando el alcance de las emisiones en la empresa a tratar, teniendo en cuenta la figura 6.

Figura 7.

Clasificación de emisiones de gases de efecto invernadero.



Nota. La figura represente la clasificación de los gases de efecto invernadero y sus alcances. Tomado de: Francia. Gobierno NU. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos (2010). Metodologías de cálculo de la huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. Documento de trabajo. Repositorio Naciones Unidas. 1-51. <http://hdl.handle.net/11362/37288>.

Una vez realizado el análisis de la figura 6 se llega a la conclusión que para esta investigación el alcance 2 es el adecuado, ya que se realizará el estudio de la huella de carbono energético de la empresa en cuestión, para así poder brindar diferentes medidas para la reducción de la misma.

Ya establecido el alcance de la empresa en cuestión se procede a la recolección de información, iniciando por la identificación de la cantidad de equipos involucrados en el proceso de impresión flexográfica y consumos energéticos de cada maquinaria.

Por medio de visitas a la planta de producción, se realizó un diagnóstico de la empresa para así presentar la propuesta y lograr la recolección de la información donde:

- se lograron identificar por medio de registros fotográficos los diferentes y la cantidad de equipos involucrados en el proceso de impresión flexográfica en la empresa Imprepack Colombia S.A.S
- Asimismo, se logran identificar los consumos energéticos de cada maquinaria previamente identificada y esto se realizó de la siguiente manera:
 1. Recolección de facturas de la empresa de energía eléctrica, analizando el consumo en kilovatios hora para el periodo de estudio el cual está dado entre enero de 2021 y enero de 2022.
 2. Identificación de maquinaria del proceso de impresión flexográfica que usa como Nota principal de funcionamiento la electricidad.
 3. Revisión de consumos eléctricos por maquinaria en kWh.

Seguidamente se procede a realizar cálculo de las emisiones de la huella de carbono por parte de la organización, esto se hará por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Huella de Carbono} = \text{Datos de actividad} \times \text{Factor de emisión.} (\text{Granada, 2012})$$

4. RESULTADOS

4.1. Identificación de maquinaria.

A continuación, se presentan la identificación e información de cada equipo utilizado en el proceso de producción de la empresa Imprepack Colombia S.A.S:

Figura 8.

Equipos utilizados en el proceso de producción.


REFERENCIA	EQUIPO
<p>IMPRESORA 1: Su función principal es la impresión sobre un polímero, está la hace por medio de seis rodillos principales los cuales proporcionan tinta a base de alcohol a un fotopolímero y este genera presión sobre el material a imprimir, dejando grabada la imagen que se desea. Esta impresora cuenta con la opción de cambio de rodillos, dependiendo del aporte solicitado de cada color sobre el material.</p> <p>Cuenta con una capacidad de producción de 1 ton/día y su consumo energético promedio es de 25 kWh.</p>	 A photograph of a large industrial printing machine, model LG6, in a factory setting. The machine is white with a blue and red logo on the side. It has several rollers and a control panel. The background shows a large industrial building with a corrugated metal roof and skylights.

Figura 8. (Continuación)

IMPRESORA 2: La función de esta máquina es la impresión sobre polímeros, cuenta con 6 rodillos principales fijos los cuales generan el mismo aporte de color sobre los materiales a imprimir. Esta impresora no logra llevar sus impresiones con policromía por lo que sus impresiones son planas sin ninguna mezcla de color sobre el material. Su capacidad de producción es de 400 kg/día, y su consumo energético es de 16 kWh.



LAMINADORA: Su función principal es la adhesión de otra capa de polímero sobre el material ya impreso, esto con el fin de brindar mayor rigidez y estabilidad de la impresión. Su capacidad de producción es de 500 a 400 kg/día y su consumo energético es de 18 kWh.



CORTADORA: La función principal de la cortadora es la adecuación del tamaño del material, donde se busca refilar el material para llevarlo a la medida exacta, luego de cortado el material embobina nuevamente este en otro rodillo. Su capacidad de producción es de 1 ton/día y su consumo energético es de 8 kWh.



Figura 8. (Continuación)

<p>SELLADORA 1: Su función principal es el sellado de los empaques, donde se busca llevar los materiales ya impresos y laminados a una forma de empaque sellando y cortando a un costado de este. Su capacidad de producción es de 100 kg/día y su consumo energético es de 3 kWh</p>	
<p>SELLADORA 2: La función principal de esta máquina, es llevar los materiales impresos y laminados a una forma de empaque, esta máquina cuenta con un sellado por medio de una resistencia la cual eleva su temperatura. También logra perforar la bolsa, haciendo un orificio en cualquier parte del empaque. Su capacidad de producción es de 150 kg/día y su consumo energético es de 4 kWh.</p>	
<p>COMPRESOR: Su función principal es generar aire y distribuirlo a cada una de las maquinas de la compañía. Su consumo energetico es de 11 kWh.</p>	

Nota. En la figura se describen los equipos utilizados en el proceso de impresión flexográfica.

4.2. Cálculo de la huella de carbono energético.

4.2.1. GHG protocol

El World Resources Institute en 1998 publica su informe llamado “Clima seguro, negocio sólido” donde se inicia una serie de acciones para así abordar el cambio climático donde se incluían las necesidades para una medición de las emisiones de gases de efecto invernadero. El GHG protocol nace de la necesidad instaurada por el WRI de un estándar internacional para contabilizar e informar la cantidad de gases de efecto invernadero a finales de la década de 1990. Sus primeros socios corporativos fueron General Motor y BP (Freeman, s.f).

La primera edición se publica en 2001, se presentó el Estándar Corporativo GHG el cual se actualizó orientando a las empresas en la medición de las emisiones de electricidad y contabilizar las emisiones a lo largo de sus cadenas de producción. También desarrolló un conjunto de herramientas las cuales ayudan a las empresas a realizar este cálculo, agregando los beneficios a los proyectos de mitigación del cambio climático (Freeman, s.f).

Con el acuerdo de París en diciembre de 2015, todos los países se comprometieron a participar en la limitación del aumento de la temperatura global y adaptarse a los cambios que están ocurriendo. El GHG protocol realiza su aporte a estos compromisos pactados, esto lo hace mediante el desarrollo de estándares, herramientas y capacitaciones en línea que ayudan a diferentes países para vigilar de cerca su progreso hacia los objetivos de los acuerdos por el cambio climático (Blanco, 2013)

La metodología planteada por el GHG protocol fue la escogida para realizar los cálculos pertinentes de la huella de carbono energético de los equipos utilizados por la empresa Imprepack Colombia S.A.S, donde los resultados son los siguientes:

4.2.2. Análisis de huella de carbono energético.

Teniendo en cuenta la ecuación 1, se procede a realizar el cálculo de la huella de carbono energético proveniente de las máquinas utilizadas en el proceso de impresión flexográfica en la empresa Imprepack Colombia S.A.S. Para este procedimiento se tendrán en cuenta los equipos previamente identificados, asimismo su tiempo de consumo energético el cual es de 8 horas, por

último, el factor de emisión calculado por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia el cual es de 0,16438 kg de CO₂eq/kWh. (Dávila, Ortiz, 2020)

$$\text{Ton CO}_2\text{eq} = [(\text{kWh/año}) * \text{FEenergía_eléctrica}]$$

Tabla 1.

Cálculo de la huella de carbono energético por equipo

Equipo	Consumo (kWh)	Consumo mensual (kWh)	Huella de carbono (kg CO ₂ eq)
Impresora 1	25	6000	986,28
Impresora 2	16	3840	631,21
Laminadora	12	2880	473,41
Cortadora	8	1920	315,60
Selladora 1	3	720	118,35
Selladora 2	4	960	157,80
Compresor	11	2640	433,96
Total		18960	3116,64

Nota. La tabla representa los consumos energéticos y la huella de carbono energético expresada en kg CO₂eq de cada equipo analizado.

En la tabla 3 se evidencia el consumo energético de la impresora 1 es de 25 kWh, su consumo diario de producción que está dado en 8 horas es de 200 kWh, su consumo mensual es de 6000 kWh, generando así una huella de carbono equivalente a 986,28 kg CO₂eq mensual.

Como segundo equipo se tiene la impresora 2 la cual tiene un consumo de 16 kWh su tiempo de producción es de 8 horas lo cual equivale a 128 kWh al día, en un mes su consumo energético es de 3840 kWh generando una huella de carbono a nivel energético de 631,21 Kg CO₂eq.

El tercer equipo estudiado es una laminadora que cuenta con un consumo de 12 kWh, su tiempo de producción es de 8 horas al día dando como resultado un consumo diario de 96 kWh, teniendo esto claro su consumo mensual es de 2880 kWh y la huella de carbono generada es de 473,41 kg CO₂eq.

El cuarto equipo analizado es la cortadora que tiene un consumo de 8 kWh, su tiempo de producción es de 8 horas consumiendo 64 kWh, su consumo mensual es de 1920 kWh generando una huella de carbono de 315,60 kg CO₂eq.

La selladora 1 es el quinto equipo analizado tiene un consumo energético de 3 kWh, su tiempo de producción es de 8 horas al día consumiendo 24 kWh, mensualmente su consumo es de 720 kWh lo cual genera una huella de carbono de 118,35 kg CO₂eq.

El sexto equipo analizado es la selladora 2 la cual tiene un consumo de 4 kWh, donde al día consume 32 kWh en un tiempo de producción de 8 horas, mensualmente su consumo es de 960 kWh generando una huella de carbono de 157,80 kg CO₂eq.

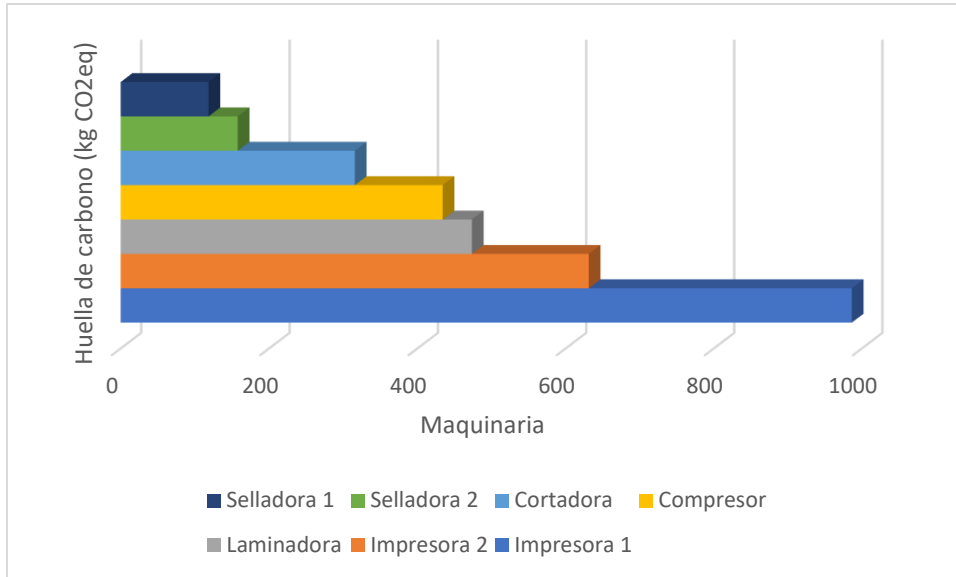
El séptimo equipo analizado es el compresor el cual brinda aire a cada una de las maquinas anteriormente mencionadas su consumo es de 11 kWh, su tiempo estimado de producción es de 8 horas al día y consume 88 kWh, mensualmente su consumo es de 2640 kWh, lo cual genera una huella de carbono de 433,96 kg CO₂eq.

Una vez analizado cada uno de los consumos energéticos y la huella de carbono de cada equipo, se tiene un consumo total de 18960 kWh mensual, dando como resultado una huella de carbono energético total en la organización de 3116,64 kg CO₂ eq.

En la figura 7 se puede analizar que existe una amplia diferencia en la huella de carbono generada entre las impresoras y el resto de equipos que están involucrados en el proceso, dando como resultado el mayor generador de emisiones de gases de efecto invernadero la impresora 1, cabe aclarar que este equipo es uno de los más grandes e importantes de la compañía, debido a su capacidad de producción. Asimismo, se tienen equipos como la impresora 2, laminadora y compresor que generan una huella de carbono considerable. Por último, la cortadora y ambas selladoras quienes no tienen un consumo energético alto por lo tanto sus emisiones son mucho más bajas que las del primer equipo analizado.

Figura 9.

Análisis de la huella de carbono.



Nota. El grafico ilustra la huella de carbono que genera la empresa en análisis vs cada maquinaria analizada para el proceso de impresión flexográfica.

En comparación de la huella de carbono generada por el proceso de impresión flexográfica, se tiene la huella de carbono del proceso de pasteurización el cual involucra 5 equipos. Como se evidencia en la tabla 4 el total del consumo energético de este proceso es de 4824 kWh lo cual genera una huella de carbono de 1857, 24 kg CO₂eq, lo cual es mucho más bajo que el proceso de impresión flexográfica, esto se debe a que los equipos del proceso de pasteurización no son maquinaria pesada y su consumo energético es mucho más bajo, a pesar de que este análisis lo realizaron para un proceso de producción de 12 horas diarias, su consumo no se igual con el proceso de impresión flexográfica.

En conclusión, se puede evidenciar que el proceso de impresión flexográfica deja una huella de carbono mucho más elevada, que un proceso de pasteurización en la ciudad de Bogotá esto debido a la diferencia de consumos energéticos de las maquinarias del proceso, un ejemplo de este consumo es el esterilizador utilizado en la pasteurización el cual es el que más energía consume mensualmente teniendo resultados de 1584 kWh ,a diferencia de la impresión flexográfica donde su maquina que más consume es la impresora 1 la cual tiene un estimado de 6000 kWh. De igual

manera el equipo que menos consume en el proceso de pasteurización es la caldera que tiene un consumo de 396 kWh lo cual es mucho menos a la selladora 1 la cual consume 720 kWh.

Tabla 2.

Consumos energéticos y huella de carbono. Proceso de pasteurización Bogotá.

EQUIPO	Consumo (Kwh)	Consumo mensual	Huella de Carbono
BLENDER	1,9	684	263,34
PASTEURIZADOR	2,7	972	374,22
CALDERA	1,1	396	152,46
ENVASADORA	3,3	1188	457,38
ESTERILIZADOR	4,4	1584	609,84
TOTAL		4824	1.857,24

Nota. En la tabla se mencionan los consumos energéticos y huella de carbono energético de una planta de pasteurización. Tomado de: Valenzuela, J. P. L. (2019). medidas para reducción de huella de carbono energético en proceso de pasteurización de una empresa láctea en Bogotá. [Monografía especialización]. Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7456>.

4.3. Medidas para la reducción de la huella de carbono energético.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la huella de carbono energético que emite el proceso de producción en la empresa Imprepack Colombia S.A.S, se proponen las siguientes medidas para su reducción:

- Establecer horarios de operación continua, ya que existen lapsos de tiempo en los que la maquinaria permanece encendida sin hacer uso de las mismas, generando un consumo energético innecesario. Esta medida traería consigo un mejoramiento y eficiencia de procesos logísticos.
- Realizar mantenimientos correctivos y preventivos a cada equipo utilizado en el proceso de producción, ya que muchas veces los motores, resistencias o piñones contaban con fallos que impedían el funcionamiento correcto de la maquinaria, en estos lapsos de tiempo la maquinaria

continuaba encendida y realizando un consumo energético. Esto traería una mayor eficiencia en la producción y una reducción considerable de energía activa y reactiva consumida.

- Considerar una inversión que logre la actualización y mejoramiento de maquinaria, ya que en la empresa en cuestión se tienen tecnologías no actualizadas y con un alto consumo de energía. Esto ayudaría a la eficiencia del proceso y el ahorro de energía.
- De no ser posible la inversión para actualización, se propone un estudio de modificación de equipos en sus sistemas de control y automatización los cuales lograrían evitar el alto consumo de energía de la maquinaria. De ser realizada este estudio de modificación se esperaría maquinaria de alta tecnología con motores, resistencias y piñones que no incrementen el consumo energético, asimismo, se podrían reducir los tiempos de producción y su imagen sería aún más favorable.
- Realizar capacitación a empleados con respecto al consumo de energía de la maquinaria, guiándolos en un proceso de concientización con respecto al desperdicio de energía en las máquinas encendidas sin realizar alguna función.
- Establecer periodos para revisión de la huella de carbono energético de la organización, buscando evitar el aumento en el consumo de energía y las emisiones por parte de la empresa en cuestión. (Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático. 2011)
- Considerar el uso de energías renovables y limpias cuando menos en la iluminación de la planta de producción, esto lograría reducir el consumo en cierta cantidad y a su vez la huella de carbono (Kliopova, Galickaja, & Kliugaite. (2018).
- Hacer uso de la temperatura ambiente para el secado en las máquinas que lo necesiten esto con el fin de evitar prender hornos de impresora 1, 2 y laminadora los cuales tienen un consumo alto de energía. De no ser posible usar la temperatura ambiente a favor, hacer uso de energías renovables para este proceso de secado.

- Considerar el uso de variadores de velocidad en los motores de la maquinaria, asimismo, hacer uso de regletas múltiples o con enchufes programables los cuales van a alternar la energía de los motores dependiendo de su uso y necesidad. Con este se busca reducir el consumo de la energía en tiempos que no se trabaja la maquinaria, o que se esté realizando algún montaje con la maquina parada.
- Uso de herramientas informáticas para el monitoreo de consumos energéticos y huella de carbono de cada máquina, esto con el fin de analizar cuidadosamente los tiempos en los que no se aprovecha el uso de esta energía.
- Considerar la instalación de cogeneradores y/o paneles solares, para el uso de energía renovable y limpia en la planta de producción.
- Sustituir compresor por maquinaria que use refrigerantes de menor PCG (Potencial de calentamiento global), con el fin de reducir el impacto que este tiene en sobre la huella de carbono.
- Uso de sistemas de telegestión energética en la planta de producción, ya que se presentan fallas en los empleados al momento de apagar maquinaria, con este sistema las maquinas serán apagadas remotamente y sin generar ningún costo energético (Torres,2016)
- Evitar la sobrecarga de calentadores y secadores de las maquinarias; Para esto se recomienda la instalación de cortinas de aire, recuperación de calor y/o aislamiento del circuito de distribución de climatización y instalación de quemadores y sensores de oxígeno (Kliopova, Galickaja, & Kliaugaitė. (2018).
- Considerar el uso de luz natural por medio de la instalación de tejas traslucidas, ventanales que permitan el paso de luz solar o claraboyas.
- Reemplazar solventes por solventes a base de agua, esto reduciría el consumo energético, debido a el bajo consumo de adhesivo la maquina tendría menos trabajo ejercido sobre sus rodillos (Kliopova, Galickaja, & Kliaugaitė. (2018).

5. CONCLUSIONES.

Para esta investigación se requirieron diferentes visitas a la planta de producción de la empresa Imprepack Colombia S.A.S, con el fin de visualizar el proceso de impresión flexográfica, esta práctica permitió el reconocimiento y comprensión de los diferentes equipos empleados en el proceso anteriormente mencionado. Dentro de los cuales se identificaron: Impresora 1, Impresora 2, Laminadora, cortadora, selladora 1, selladora 2 y compresor.

De igual manera la visualización del proceso productivo contribuyo a la estimación del consumo energético, para lo cual se realizó el seguimiento durante un año entre los periodos de enero 2021 a enero 2022. Con ayuda de un equipo especializado (Vatímetro) se determinaron los datos energéticos en unidades de kW (los datos obtenidos se expresaron en unidades de kWh) de este modo se estiman valores de 25 kWh para la impresora 1, 16 kWh para la impresora 2, 12 kWh para la laminadora, 8 kWh para la cortadora, 3 kWh para la selladora 1, 4 kWh para la selladora 2 y 11 kWh para el compresor.

Mediante la metodología establecida por el GHG protocol (green house protocol) y el análisis realizado durante las visitas a la planta de producción, se logró realizar el cálculo de la huella de carbono energético emitido por la empresa Imprepack Colombia S.A.S, donde se obtiene un resultado estimado de 3116,64 kg CO₂eq. En base a la cantidad de emisiones determinadas se plantean diferentes medidas, las cuales se mencionan en el apartado **4.3**, entre estas se pueden destacar el uso de energías renovables, tiempos muertos de operación, mantenimientos preventivos y correctivos y renovación de maquinaria.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, H. O. Campo, y M. Segura. «Huella De Carbono Del Sistema De producción De Arroz (Oryza Sativa) En El Municipio De Campoalegre, Huila, Colombia». *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, vol. 15, n.º 1, diciembre de 2015, pp. 25-31, doi: 10.21930/rcta.vol15_num1_art:394.]. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:394.](https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:394)
- Acuerdo 367 de 2009 [Concejo de Bogotá D.C]. Descontaminación atmosférica. 2 de abril de 2009.
- Acuerdo de Copenhague [Organización de las Naciones Unidas]. (2010). Convención marco sobre el cambio climático.
- Acuerdo de Glasgow [Organización de las Naciones Unidas]. (2021). Conferencia de las partes que actúan en la reunión del Acuerdo de París.
- Aguñaga, R., & Alfaro, A. (2016). Mejora del método de trabajo para el departamento de flexografía en la impresión de etiquetas. (Trabajo de grado) Instituto Politécnico Nacional. Upiicsa, <https://www.upiicsa.ipn.mx/>.
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159-175.
- Blanco, J. M. (2013). Energía y huella de carbono, 2013.
- Cominotti, E. (2010). Calculateur d'Émissions de CO2 multimodal. À©Emilio cominotti. *Carbone Impact*. <http://www.carbonimpact.info/>.
- Dávila, P., & Ortiz, J. C. G. (2020). Calculo del factor de emisiones de la red de energía eléctrica en Colombia para 2020. *Unidad de planeación Minero Energética* 1-27.
- Decreto único reglamentario 1076 de 2015 Nivel Nacional [Con fuerza de ley]. Descontaminación atmosférica. 26 de mayo de 2015. *Diario Oficial* No. 49523.
- Decreto 948 de 1995 Nivel Nacional [con fuerza de ley]. Medidas ante emanaciones atmosféricas. 5 de junio de 1995 *Diario Oficial* No. 41876.
- Decreto 98 de 2011 alcalde mayor. Descontaminación atmosférica [con fuerza de ley]. Por el cual se adopta el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. 18 de marzo de 2011. *Registro Distrital* 4620.
- Decreto 2 de 1982 Nivel Nacional [con fuerza de ley] Medidas ante las emanaciones atmosféricas. 11 de enero de 1982.

- Encinas, M. D. (Ed.1). (2011). Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. <http://hdl.handle.net/10810/16784>.
- Editorial La República S.A.S. (2018). Emisiones del país de gases de efecto invernadero aumentaron 9,44%. Diario La República. <https://www.larepublica.co/economia/emisiones-del-pais-de-gases-de-efecto-invernadero-aumentaron-944-2807476>.
- Francia. Gobierno NU. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos (2010). Metodologías de cálculo de la huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. Documento de trabajo. Repositorio Naciones Unidas. 1-51. <http://hdl.handle.net/11362/37288>.
- Global Carbon Atlas (2022). Welcome to Carbon Atlas | Global Carbon Atlas. Global Carbon Atlas. <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas>.
- Generalitat de Catalunya comisión interdepartamental del cambio climático. (2011). Guía práctica para el cálculo de emisiones de GEI. Oficina Catalana del Canvi Climàtic. Gencat. Pp. 4-40.
- GHG protocol. (2015). About Us | Greenhouse Gas Protocol. Greenhouse Gas Protocol. <https://ghgprotocol.org/about-us>.
- Granada, V. G. (2012). medición de huella de carbono y eficiencia energética en empresa papelera colombiana. (Trabajo de Grado). Universidad Autónoma de Occidente. <http://red.uao.edu.co/handle/10614/3209>.
- Guzmán, M. D., & Álvarez, J. M. S. (2011). Huella de carbono de producto de consumo masivo en empresa del valle del cauca. (Trabajo de Grado). Universidad ICESI. Repository ICESI. <http://hdl.handle.net/10906/67773>.
- Pulido, A. Turriago, J. Jiménez, R. (2016) Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI). 3ra Comunicación Nacional de Cambio Climático. Pp. 50-70.
- Kliopova-Galickaja, I., & Kliugaite, D. (2018). VOC emission reduction and energy efficiency in the flexible packaging printing processes: Analysis and implementation. Clean Technologies and Environmental Policy, 20(8), 1805-1818. <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1571-x>.
- Levin, K., Finnegan, J., Rich, D., Bhatia, P., & Tumiwa, S. (s. f.). Estándar de Objetivos de Mitigación. Greenhouse Gas Protocol (2). Pp 115-120.

López, A., & Yermen, J. (2018). La aplicación de la herramienta teoría de restricciones (TOC) para mejorar la productividad en el área de impresión-flexográfica en la Empresa Polybags S.R.L. (Trabajo de Grado). Universidad Cesar Vallejo. Repositorio Cesar Vallejo.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2020). RENARE, la plataforma para registrar las reducciones de gases efecto invernadero en Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4497-renare-plataforma-para-registrar-reducciones-gases-efecto-invernadero>.

Min ambiente (s. f.). Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/469-plantilla-cambio-climatico-25>.

Resolución 1962 de 2017 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Medidas ante las emanaciones atmosféricas. 29 de septiembre de 2017.

Resolución 1541 de 2013 [Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible]. Dictado de medidas sanitarias. 15 de noviembre de 2013.

Resolución 651 de 2010 [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Medidas Sanitarias. 6 de abril de 2010.

Resolución 610 de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Medidas ante las emanaciones atmosféricas. 6 de abril de 2010.

Resolución 391 de 2001 [Departamento Administrativo de Medio Ambiente]. normas técnicas y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C 9 de marzo de 2001.

Resolución 1699 de 2003 [Departamento Administrativo de Medio Ambiente]. Medidas ante emanaciones atmosféricas. 28 de noviembre de 2003.

Saavedra, W. (s. f.). El Empaque. “ABC de la laminación de envases flexibles. URL <https://www.eempaques.com/blogs/ABC-de-la-laminacion-de-envases-flexibles+114126>.

Sentencia T-154 de 2013 [Corte Constitucional]. Medidas ante las emanaciones atmosféricas. 21 de marzo de 2013.

Secretaria general Alcaldía Mayor de Bogotá. (s. f.). | Secretaría General. Secretaría general. <https://secretariageneral.gov.co/search/node/normas>.

Secretaria general Alcaldía Mayor de Bogotá. (s. f.). | Secretaría General. Secretaría general. Recuperado 21 de marzo de 2022, de <https://secretariageneral.gov.co/search/node/acuerdos>.

Siemens. (2008). Flexographic Printing [Diapositivas de PowerPoint]. Products, features, principles. <https://new.siemens.com/mx/es/soluciones/construccion-maquinaria/solutions-printing-machines.html>.

Semana (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero cayeron en 2020, pero no es suficiente. Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo <https://www.semana.com/pais/articulo/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-colombia-en-2020/310873/>.

SIAC. (2017). GEI - IDEAM. Gases de Efecto Invernadero GEI <http://www.siac.gov.co/climaticogei>.

The Bilan Carbone® Clim'Foot tool | Clim'Foot. (s. f.). Climfoot. <https://www.climfoot-project.eu/en/bilan-carbone%C2%AE-clim%E2%80%99foot-tool>

Torres, L. A. A., & Castellanos, L. M. L. (2016). propuesta para la reducción de la huella de carbono en las instalaciones de la dirección regional del Magdalena [Tesis de especialización]. Universidad Libre. Repositorio U. libre. <https://hdl.handle.net/10901/10410>.

Acuerdo de París [Naciones Unidas por el Cambio Climático] (2015). Tratado internacional por el cambio climático jurídicamente vinculante. 4 de noviembre de 2016.

Protocolo de Kyoto [Naciones Unidas por el Cambio Climático] (2005). Reducción de las emisiones de GEI. 16 de febrero 2005.

Valdivia, E. C. (2015). Reingeniería de procesos de producción en las industrias Lara Bisch s.a. (trabajo de grado). universidad mayor de san Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/22122>.

Valenzuela, J. P. L. (2019). medidas para reducción de huella de carbono energético en proceso de pasteurización de una empresa láctea en Bogotá. [Monografía especialización]. Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7456>.