

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

“Evaluación de la huella de carbono organizacional en empresas participantes del Programa
País de Carbono Neutralidad 2.0”

Jordi Antonio Maroto López

CARTAGO, Julio, 2021



Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal

M.Sc. Luis Guillermo Valerio Pérez
Director

M.Sc. Melissa Díaz Segura
Lector 1

Lic. Jesús Jiménez Valverde
Lector 2

M.Sc Diana Zambrano Piamba
Coordinador COTRAFIG

M.G.A. Ricardo Coy Herrera
Director Escuela de Química

M.Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

A todas las personas que están pasando por momentos difíciles en su vida, espero que logren superarlos y que puedan alcanzar todos sus anhelos y metas.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por su labor en mi crianza y el apoyo brindado en los distintos proyectos que he tenido.

A Andrea, por toda su ayuda a lo largo de estos años, por siempre saber cómo alegrarme y por su acompañamiento incondicional en este difícil proceso que está a punto de concluir.

A mi hermana, la cual me llevo a matricularme en el TEC a pesar de no haber entrado a esta carrera.

A la familia López la cual influyo en gran medida en mi vida y siempre me han brindado amor.

A mis amigos más cercanos los cuales a pesar de estar lejos siempre los siento cerca.

A todos los profesores que fueron parte de mi educación y cultivaron en mí las ganas de aprender. Especialmente a los que me impartieron cursos en la escuela de Ingeniería Ambiental.

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2 | OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 | <i>Objetivo general</i> | 3 |
| 2.2 | <i>Objetivos específicos</i> | 3 |
| 3 | REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 3.1 | <i>Antecedentes</i> | 4 |
| 3.2 | <i>Definición de Análisis de Ciclo de Vida</i> | 5 |
| 3.3 | <i>Huella de Carbono</i> | 6 |
| 3.4 | <i>Bases de datos</i> | 8 |
| 3.5 | <i>Realidad Nacional</i> | 9 |
| 3.6 | <i>Dirección de Cambio Climático</i> | 10 |
| 3.7 | <i>Programa País de Carbono Neutralidad</i> | 11 |
| 4 | MATERIALES Y MÉTODOS | 13 |
| 5 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 15 |
| 5.1 | <i>Valoración de las principales fuentes de emisión de carbono en las empresas</i> | 15 |
| 5.1.1 | Grupo de los Productos | 15 |
| 5.1.1.1 | Agricultura | 15 |
| 5.1.1.2 | Alimentos | 19 |
| 5.1.1.3 | Cemento | 26 |
| 5.1.1.4 | Industrial | 27 |
| 5.1.2 | Grupo de Servicios. | 33 |
| 5.1.2.1 | Venta de Vehículos. | 33 |
| 5.1.2.2 | Servicios Financieros | 34 |
| 5.1.2.3 | Servicio eléctrico | 35 |
| 5.1.2.4 | Servicios de Oficina | 36 |
| 5.1.2.5 | Servicios de venta y Distribución de comida al por mayor | 38 |
| 5.1.2.6 | Servicios Hospitalarios | 39 |
| 5.2 | <i>Análisis general de las fuentes de emisión GEI.</i> | 40 |
| 5.3 | <i>Indicadores de Huella de Carbono Organizacional</i> | 45 |
| 5.4 | <i>Análisis de las brechas para el cálculo de la Huella de Carbono Producto</i> | 48 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 56 |
| 6.1 | <i>Conclusiones</i> | 56 |
| 6.2 | <i>Recomendaciones</i> | 57 |
| 7 | REFERENCIAS | 58 |
| | APÉNDICES | 65 |
| 8 | Apéndice 1: Encuesta aplicada a las empresa | 66 |
| 9 | Apéndice 2: Cuadros de inventarios de gases de efecto Invernadero (GEI) | 76 |
| 10 | Apéndice 3: Resultados de la encuesta | 91 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 5.1. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la materia prima de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto..... | 49 |
| Figura 5.2. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de manufactura de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto..... | 50 |
| Figura 5.3. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de embalaje de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto..... | 50 |
| Figura 5.4. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de distribución de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto..... | 51 |
| Figura 5.5. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de uso de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto..... | 52 |
| Figura 5.6. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de disposición final de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto..... | 53 |
| Figura 5.7. Porcentaje de empresas que tienen conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto..... | 54 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 5.1. : Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción cafetalera..... | 16 |
| Cuadro 5.2. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción bananera..... | 17 |
| Cuadro 5.3.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a la producción agrícola..... | 18 |
| Cuadro 5.4.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en un conglomerado dedicado a la producción y distribución de alimentos..... | 19 |
| Cuadro 5.5.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción y comercialización de galletas..... | 21 |
| Cuadro 5.6: Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa dedicada a la producción de jugos y puré de frutas..... | 23 |
| Cuadro 5.7.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa dedicada al proceso y almacenamiento de productos cárnicos..... | 24 |
| Cuadro 5.8.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa dedicada a la creación de saborizantes alimenticios..... | 25 |
| Cuadro 5. 9. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en las empresas dedicadas a la producción de cemento | 26 |
| Cuadro 5.10. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la creación de pintura..... | 28 |
| Cuadro 5. 11. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa que se dedica a la producción de artículos de acero | 29 |
| Cuadro 5.12.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción textil..... | 30 |
| Cuadro 5.13.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la importación y distribución de hidrocarburos..... | 31 |
| Cuadro 5.14. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa que se dedica a la producción de telas vinílicas..... | 32 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 5.15. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a la venta de vehículos..... | 33 |
| Cuadro 5.16.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a brindar servicios financieros..... | 34 |
| Cuadro 5. 17. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en las empresas dedicadas a la producción y servicio eléctrico | 35 |
| Cuadro 5.18.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a brindar servicios de oficina..... | 37 |
| Cuadro 5.19.Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa de supermercados. | 38 |
| Cuadro 5.20. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a brindar servicios hospitalarios. | 39 |
| Cuadro 5.21. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en todas las empresas dedicadas a la producción excluyendo al sector cementero. | 40 |
| Cuadro 5. 22. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a brindar servicios excluyendo a las empresas eléctricas | 42 |
| Cuadro 5.23. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero con exclusiones | 43 |
| Cuadro 5.24. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero sin exclusiones. | 44 |
| Cuadro 5.25. Indicadores de Huella de Carbono para productos. | 45 |
| Cuadro 5.26: Indicadores de Huella de Carbono para el grupo de los servicios..... | 46 |

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS.

| | |
|--------------------|--|
| ACV | Análisis de Ciclo de vida |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| HC | Huella de Carbono |
| HCP | Huella de Carbono Producto |
| PPCN 2.0 | Programa País de Carbono Neutralidad 2.0 |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) |
| ONG | Organización no Gubernamental |
| CO ₂ | Dióxido de Carbono |
| GHG | Greenhouse gas |
| PYMES | Pequeña y mediana empresa |
| ISO | International Standards Organization (Organización Internacional de Normalización) |
| CO ₂ eq | Dióxido de Carbono equivalente |
| INTECO | Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica |
| ICV | Inventario de Ciclo de Vida |
| ILCD | International Reference Life Cycle Data System (Sistema de Referencia Internacional de Datos de Ciclo de vida) |
| OCIC | Oficina Costarricense de Implementación Conjunta |
| DCC | Dirección de Cambio Climático |
| MINAE | Ministerio de Ambiente y Energía |
| t | Tonelada |
| GLP | Gas Licuado de Petróleo |
| Kg | Kilogramo |
| g | Gramo |
| kWh | Kilowatt hora |
| PVC | Policloruro de Vinilo |
| H ₂ S | Ácido Sulfhídrico |
| CH ₄ | Metano |

N₂O

Óxido nítrico

m³

Metro cúbico

SEPLASA

Secretaría DE Planificación Sectorial DE Ambiente,
Energía, Mares Y Ordenamiento Territorial

RESUMEN

La Huella de Carbono es una herramienta ampliamente utilizada para medir las emisiones de GEI en organizaciones y productos, aun así, en países como Costa Rica existen oportunidades de mejora para acortar las brechas y obtener resultados más cercanos a la realidad. Para lograr esto es necesario la inversión del estado y de la empresa privada en la creación de una base de datos nacional que facilite el cálculo de la Huella de Carbono, ya que el uso de bases de datos privadas tiene altos costos y pueden incluir mayor porcentaje de error debido a que fueron creadas a partir de la realidad de otro país. Esta investigación plantea realizar una evaluación de la huella de carbono organizacional en empresas participantes del PPCN 2.0 así obtener las principales fuentes de emisión de GEI, desarrollar indicadores organizacionales y determinar las brechas presentes en las empresas estudiadas, para realizar el cálculo de Huella de Carbono Producto.

Conforme a los objetivos planteados se logró identificar; que en general, el consumo de combustibles, refrigerantes y electricidad suele ser la principal fuente de emisión en las empresas. Cabe destacar que fuentes como la descarbonatación, el metano de los embalses y los gases incondensables tienen un gran aporte en las emisiones de GEI. Además, se desarrollaron 22 indicadores ambientales de productos y servicios como café, banano, cemento, electricidad entre otros. Se detectó que las mayores brechas para la obtención de datos en las empresas, se encuentra en las etapas de uso y disposición final, mientras que en las etapas de cuna hasta la puerta poseen los datos o tienen la capacidad de calcularlos para cuantificar su Huella de Carbono.

Palabras clave: Huella de Carbono Organizacional, Gases de Efecto Invernadero, Análisis de Ciclo de Vida, Indicadores ambientales

ABSTRACT.

The Carbon Footprint is a widely used tool to measure GHG emissions in organizations and products, even so, in countries like Costa Rica there are opportunities for improvement to bridge the gaps and obtain results closer to reality. To achieve this, investment by the state and private companies is necessary in the creation of a national database that facilitates the calculation of the Carbon Footprint, since the use of private databases has high costs and can include a higher percentage error because they were created from the reality of another country. This research proposes to carry out an Evaluation of the organizational carbon footprint in companies participating in the PPCN 2.0 thus, obtain the main sources of GHG emissions, develop environmental indicators, and determine the gaps present in the companies studied, to calculate the Product Carbon Footprint.

In accordance with the objectives set, it was possible to identify; that in general, the consumption of fuels, refrigerants and electricity is usually the main source of emissions in companies. It should be noted that sources such as decarbonation, methane from reservoirs and non-condensable gases have a great contribution to GHG emissions. In addition, 22 environmental indicators were developed for products and services such as coffee, bananas, cement, electricity, among others. It was detected that the largest gaps for obtaining data in companies are found in the stages of use and final disposal, while in the stages from cradle to door they have the data or could calculate them to quantify their Footprint of Carbon.

Keywords: Organizational Carbon Footprint, Greenhouse Gases, Life Cycle Analysis, Environmental Indicators

1 INTRODUCCIÓN

En el ámbito del desarrollo sostenible uno de los principales retos para países desarrollados y en vías de desarrollo es cumplir con las exigencias climáticas y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global. Esto exige a sectores productivos y gubernamentales a realizar avances inmediatos en los procesos de cuantificación, disminución y compensación de sus emisiones (Espíndola and Valderrama 2012).

Para el correcto cumplimiento de las exigencias climáticas y atender la crisis del calentamiento global, se crearon herramientas de gestión ambiental como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) o la metodología de Huella de Carbono. El ACV evalúa los impactos ambientales de un producto o el sistema de un producto, proceso o servicio a través de todo su ciclo de vida y entre dichos impactos se encuentra el calentamiento global. La Huella de carbono representa la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos durante la producción de bienes o servicios. La Huella de carbono como metodología individual sirve para realizar el cálculo de las emisiones de una empresa, pero al combinarse con la metodología de ACV permite realizar el cálculo de las emisiones de GEI en bienes y servicios producidos a lo largo de su ciclo de vida o de la cuna hasta la tumba. (Bekkelund 2013; Pihkola et al. 2010).

Actualmente en Costa Rica han aumentado los estudios basados en Huella de Carbono y Huella de Carbono de Producto e iniciativas como el PPCN 2.0 impulsan a las empresas a realizar sus cálculos de Huella de Carbono organizacional. Sin embargo, existen limitantes ya que los estudios basados en ACV se realizan por medio de bases de datos internacionales y nacionales, privadas o de libre acceso. Las bases de datos privadas poseen un alto precio y sus datos no son representativos en todos los países, por lo que muchas veces se prefiere optar por el desarrollo de bases de datos nacionales para evitar estos inconvenientes (Wolf 2014) En el caso de Costa Rica, aún no se cuenta con bases de datos nacionales de libre acceso.

La presente investigación tiene como objetivo realizar una Evaluación de la huella de carbono organizacional en empresas participantes del PPCN 2.0 Para así identificar las principales fuentes de emisión de GEI en el sector económico al que pertenecen. Desarrollar indicadores organizacionales que puedan ser utilizados en una futura base de datos nacional

e identificar las brechas que limitan la obtención de datos en las empresas para calcular la Huella de Carbono Producto.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la Huella de Carbono Organizacional en empresas pertenecientes al PPCN 2.0

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las principales fuentes de emisión de carbono dentro de las empresas pertenecientes al Programa País de Carbono Neutralidad.
2. Desarrollar indicadores de Huella de Carbono de Organizacional para empresas pertenecientes al Programa País de Carbono Neutralidad.
3. Analizar las brechas para la obtención de datos de Huella de Carbono Producto en las empresas.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 ANTECEDENTES

Basado en el análisis de datos recientes sobre la evolución de la temperatura global, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y la elevación del nivel del mar, el Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos (IPCC, por su sigla en inglés) ha declarado que el calentamiento del sistema climático es irrefutable (De La Torre, Fajnzylber, and John 2009).

Las actividades antropogénicas han contribuido al aceleramiento del cambio climático, ya que estas actividades causan un incremento en los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Según Oktyabrskiy los GEI son sustancias se encuentran en la atmosfera y se encargan de la adsorción de la radiación proveniente del sol. Cuando estas sustancias están en equilibrio mantienen un balance térmico de acuerdo con la temperatura apta para el desarrollo de los seres vivos, sin embargo, cuando estos gases se incrementan, la atmosfera pierde la capacidad de mantener dicho balance térmico y provoca que la temperatura aumente (Oktyabrskiy 2016).

Aparte de ser un problema ambiental, el cambio climático constituye un problema de desarrollo, con profundos impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas (Pandey, Agrawal, and Pandey 2011). Esto ha llevado a gobiernos e instituciones internacionales a implementar una serie de acciones, tales como la creación de órganos a escala nacional e internacional preocupados del tema, la definición de procesos y espacios de reflexión, la creación de herramientas de transferencia tecnológica y financiera, que ayuden a la mitigación de emisiones de GEI provenientes de la actividad humana y a la formulación de métodos para cuantificar los efectos de dichos gases (World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and World Resources Institute (WRI) 2004).

A partir de la preocupación global se comenzaron a implementar metodologías como los Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en los cuales se incluye en cálculo de Huella de Carbono como herramienta de cuantificación de emisiones (Plassmann et al. 2010)

3.2 DEFINICIÓN DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El análisis de impacto ambiental se ha centrado en un número restringido de pasos de ciclo de vida. Este es un enfoque estrecho porque da una imagen limitada de los impactos ambientales de un producto (Sumper et al. 2011).

Debido a esta limitante se creó el ACV, el cual es una herramienta para evaluar los impactos ambientales de un producto o sistema de producción a lo largo de todo su ciclo de vida. En un ACV las diferentes fases del ciclo de vida del producto como; extracción de materia prima, producción y fabricación, distribución, uso, mantenimiento, tratamiento al final de su vida útil, reciclaje y disposición final, son incluidos (International Organization for Standardization 2006). Todas las emisiones y recursos relacionados a las diferentes fases del ciclo de vida se tienen en cuenta en un enfoque de la cuna hasta la tumba, de lo contrario se debe especificar muy bien los límites del sistema. Es necesario tener una visión más integral al evaluar los impactos ambientales, con el fin de obtener una valoración más acertada de las cargas ambientales conectadas con un producto o servicio (Bekkelund 2013).

Para realizar de un ACV se necesita definir un objetivo de estudio y su alcance ya que no siempre el estudio abarca todo el ciclo de vida. Además, es necesario definir la unidad funcional la cual es necesaria para asegurar que los resultados del ACV sean comparables y así poder evaluar sistemas diferentes (Pedreño Manresa 2015). Los límites de un ACV se pueden definir en cuatro modalidades diferentes:

- De la cuna a la tumba: en esta modalidad los límites del sistema son lo más amplio posibles. Se realiza el estudio desde que la materia prima entra en el proceso hasta que se recicla o desecha después de su vida útil.
- De la cuna hasta la puerta (producción de un producto): Los límites del sistema se fijan en la fábrica. Se realiza el estudio desde que la materia prima entra en el proceso hasta que sale de la fábrica. No se estudia ni el uso ni el desecho o reciclaje.
- De la puerta hasta la tumba (fuera de fábrica): Los límites del sistema son desde la salida de fábrica hasta su posterior desecho o reciclaje.
- De puerta a puerta (dentro de la fábrica): El límite del sistema se utiliza para acotar un solo paso o proceso dentro de la fábrica. Se utiliza esta modalidad para estudiar y mejorar procesos de producción.

El ACV hace posible comparar sistemas tecnológicos con sus respectivos impactos ambientales. Además, los resultados pueden utilizarse para informar a los que toman las decisiones a generar guías para legislación, objetivos políticos y de marketing y para identificar las áreas de la cadena de valor donde se pueden realizar mejoras de un producto o sistema de producción (International Organization for Standardization 2006).

Dentro de las categorías de impacto ambiental que pueden ser evaluadas durante un ACV se encuentran las principales categorías de impacto: acidificación, ecotoxicidad, eutrofización terrestre, eutrofización acuática, calentamiento global afectación a la salud humana (toxicidad humana carcinogénica, toxicidad humana no carcinogénica, afectaciones a la respiración), degradación de la capa de ozono, radiación ionizante, oxidación fotoquímica, degradación de recursos, transformación del suelo (Álvarez Gallego 2017).

De las diferentes categorías de impacto que se establecen en el ACV, este trabajo se enfoca en la categoría de calentamiento global, la cual considera las contribuciones potenciales al cambio climático global de diferentes emisiones de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera. Por lo tanto, su estudio da lugar a la conocida Huella de Carbono para los productos (Álvarez Gallego 2017).

3.3 HUELLA DE CARBONO

La Huella de Carbono (HC), definida en forma muy general, representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases (Pandey et al. 2011).

La Huella de Carbono, se ha convertido en un tema en el debate público sobre el cambio climático, atrayendo la atención de los consumidores, negocios, gobiernos, ONG y organizaciones internacionales por igual (Hertwich and Peters 2009), induciendo cambios en los patrones competitivos de las empresas. Este debate sobre el cambio climático y la utilidad de Huella de Carbono, ha trascendido al comercio internacional y, es liderado por los países con compromisos de reducción de emisiones en base al Protocolo de Kioto (Plassmann et al. 2010). Esto es motivado fundamentalmente por la preocupación de estos países por las posibles pérdidas de competitividad de sus productores, quienes estarían compitiendo con

otros exportadores con costos de emisión menores que aquellos que no han asumido obligaciones climáticas (De La Torre et al. 2009).

Actualmente se encuentran dos tipos de enfoques metodológicos básicos para el cálculo de la Huella de Carbono: el primero de ellos centrado en la empresa y el segundo en el producto (Jiménez Herrero and De la Cruz Leiva n.d.).

El cálculo de la Huella de Carbono de la empresa, consiste básicamente en recopilar los datos referentes a los consumos directos e indirectos de materiales y energía de una organización y traducirlos en emisiones de CO₂ equivalentes con el fin de contar con un inventario de emisiones lo más completo posible (Jiménez Herrero and De la Cruz Leiva n.d.).

Con este formato de cálculo de Huella de Carbono encontramos el GHG Protocol, desarrollado por el WRI (World Resources Institute) y el WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). El GHG Protocol es la guía más utilizada por las empresas para inventariar sus emisiones de GEI, calcular la Huella de Carbono y elaborar informes voluntarios. Publicado por primera vez en 2001, el Protocolo es utilizado tanto por empresas grandes como pequeñas y medianas empresas (PYMES) y ha constituido la base para muchos otros métodos e iniciativas (Jiménez Herrero and De la Cruz Leiva n.d.).

Una segunda herramienta para el cálculo de la Huella de Carbono de las empresas se encuentra en la norma ISO 14064: 2006 (partes 1 y 3). La Norma ISO, a diferencia de la anterior, es un estándar internacional verificable, desarrollado como guía para que las empresas puedan elaborar e informar sobre su inventario de gases de efecto invernadero (Jiménez Herrero and De la Cruz Leiva n.d.).

Frente a estas herramientas para el cálculo de Huella de Carbono de la empresa, encontramos la PAS 2050 y la ISO 14067 orientadas hacia el cálculo de la HC de producto. En este caso el cálculo de la HC consiste básicamente en recopilar toda la información sobre los consumos de materia y energía en cada una de las etapas por las que va pasando un producto y traducirlas a emisiones de CO₂. El principal problema en este caso es que los cálculos exigen técnicas muy especializadas y exige la participación de los proveedores lo que puede limitar la independencia e incrementar el grado de subjetividad (Jiménez Herrero and De la Cruz Leiva n.d.).

La ISO 14067 se encarga de la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y las remociones de un sistema de producto expresadas como Dióxido de Carbono equivalente (CO₂ eq) y con base en un ACV utilizando una sola categoría de impacto, la de cambio climático (Álvarez Gallego et al. 2015). En resumen, la ISO 14067 establece los principios, los requisitos y las directrices para la cuantificación y comunicación de la Huella de Carbono de un producto (HCP), con base en Normas Internacionales sobre la cuantificación del análisis del ciclo de vida (INTE/ISO 14040 e INTE/ISO 14044) y sobre las declaraciones y el etiquetado ambientales (INTE/ISO 14020, INTE/ISO 14024 e INTE/ISO 14025) así como para la comunicación. También se proporcionan, los requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de una Huella de Carbono parcial de un producto (HCP Parcial) (INTECO 2015).

Existe una amplia variedad de herramientas de software para llevar a cabo un ACV enfocado en Huella de Carbono Producto, las cuales tienen como componentes principales las bases de datos y las metodologías de Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida. Entre las herramientas más utilizadas se encuentran Simapro, GaBi, Team y Umberto. Estas herramientas permiten medir el mismo impacto por medio de diferentes metodologías (Ihobe S.A. 2009).

3.4 BASES DE DATOS

Según Wolf la disponibilidad de más datos de Inventario de Ciclo de Vida (ICV), interoperables y de mayor calidad es la llave para la implementación de cualquier instrumento público o privado basado en Ciclo de Vida. En los últimos años un creciente número de países alrededor del mundo han estado desarrollando bases de datos de ACV nacionales, complementando o integrando las desarrolladas por la industria, consultores y grupos de investigación (Wolf 2014).

La base de datos es una agrupación de conjuntos de datos de ICV interoperables almacenados en un medio electrónico. Según la ISO 14044 y el ILCD Handbook los datos de ACV establecen los datos cuantitativos y los metadatos descriptivos que se prepararon para su uso en ACV. Existen dos etapas principales de ciclo de vida donde se utilizan datos (Chomkham Sri, Wolf, and Pant 2011; The International Standards Organisation 2006):

- Inventario de Ciclo de Vida: También conocida por sus siglas en inglés “LCA Data”, contiene datos cuantitativos de recursos individuales consumidos y emisiones liberadas para un servicio o un producto durante un paso del proceso, etapas del ciclo de vida o todo el ciclo de vida, todo esto con referencias bien definidas.
- Evaluación de impactos de Ciclo de Vida: Contiene factores de caracterización cuantitativos de los recursos y las emisiones.

Existen diferentes bases de datos de ACV internacionales que solamente son accesibles al comprarlas, entre ellas están; GaBi desarrollada por PE internacional desde la década de los noventa. Ecoinvent desarrollada por institutos asociados Ecoinvent y accesible desde el 2003. Ambas bases de datos tienen un predominante uso en la industria y en muchas investigaciones (Ecoinvent 2014; PE International 2014). Los precios de las licencias de Ecoinvent y GaBi rondan los \$700 hasta los \$ 4000, existen diferentes versiones dependiendo del tipo de uso que se le vaya a dar a la base de datos y los precios también cambian según la versión. Actualmente existe una versión libre de Ecoinvent pero de uso exclusivo en educación (Anon n.d.).

Debido a los altos precios de las bases de datos y que los datos se basan en la realidad del país donde se realizaron los estudios, los gobiernos de diferentes países decidieron crear sus propias bases de datos para así obtener datos más acordes a su realidad. Las primeras bases de datos nacionales comenzaron a ser disponibles a partir de los 2000, Alemania, Suiza y Estados Unidos fueron reconocidos como los primeros en tenerlas y actualmente en Latinoamérica solamente Brasil, Chile y México cuentan con sus propias bases de datos (Wolf 2014).

3.5 REALIDAD NACIONAL

Actualmente en Costa Rica han aumentado los estudios de ACV y HC, utilizando bases de datos internacionales y softwares como Simapro para hacer los cálculos respectivos como se evidencia en algunos proyectos finales de graduación de la carrera de Ingeniería

Ambiental del TEC. Como se mencionó anteriormente Costa Rica no cuenta con una base de datos nacional de ACV con lo cual debe recurrir a softwares y bases de datos extranjeras que le permiten hacer extrapolaciones usando los datos de la categoría resto del mundo. Lo cual ha aumentado el costo de los estudios y la confiabilidad de los resultados obtenidos. Por esta razón organizaciones como la Dirección de Cambio Climático, trabajan actualmente en la creación de una base de datos nacional basada en los datos obtenidos de las organizaciones inscritas en su Programa País de Carbono Neutralidad.

3.6 DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

Como antecedente en el año 2004 fue creada la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC) mediante Decreto Ejecutivo N° 31676-MINAE, que tenía por objetivo general coordinar y ejecutar todas las acciones y programas tendientes a: Proponer al Ministro (a) la aprobación de políticas en materia de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero que apoyen las metas nacionales de desarrollo sostenible, promover la formulación, evaluación y aprobación de proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, así como su posterior negociación internacional con miras a la obtención de financiamiento para su ejecución. La OCIC trabajaba sobre cuatro áreas de acción: recursos naturales, transporte, energía y cambio climático (MINAE n.d.).

Para el año 2010 la Dirección de Cambio Climático (DCC) como una entidad adscrita al Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) fue creada mediante Decreto Ejecutivo N° 35669, que estableció como labor desde el ministerio coordinar, gestionar y formular la política pública de cambio climático, promoviendo la integración de una agenda interministerial (MINAE n.d.).

El art. 43 Reglamento Orgánico del Ministerio de Ambiente y Energía establece como funciones de la DCC (MINAET 2019):

- Coordinar y gestionar la política pública de cambio climático, promoviendo la integración de una agenda intra-ministerial de cambio climático en sus distintas dimensiones.
- Apoyar al Ministro Rector y a SEPLASA en la ejecución de la agenda prioritaria a nivel nacional e internacional de cambio climático.

- Fungir como Secretaría Técnica del Mercado Doméstico de Carbono y sus estructuras.
- Diseñar y administrar el Registro de Créditos de Carbono y/o Unidades de Compensación que se generen o transen en el territorio costarricense con el fin de evitar la doble contabilidad y establecer los vínculos con el Sistema Nacional de Métrica de Cambio Climático (SINAMECC).
- Coordinar e impulsar la implementación del Programa País de C- Neutralidad con los diversos actores y sectores del quehacer nacional y de otros programas que se generen para consolidar la implementación de la acción climática.
- Promover espacios de participación multisectorial que fomenten el involucramiento del sector privado y sociedad civil en la acción climática.

3.7 PROGRAMA PAÍS DE CARBONO NEUTRALIDAD

El Programa País de Carbono Neutralidad 2.0, oficializado con el Decreto Ejecutivo N° 41122 que tiene por objetivo: brindar un mecanismo para reconocer la adecuada gestión de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a organizaciones públicas, privadas, cantones, concejos de distrito y/o comunidades, cuyos textos se encuentran en el Anexo del presente decreto y forma parte integral del mismo (DCC n.d.).

Asimismo, busca ser una herramienta clave en la cual se incorpora empresas, organizaciones y municipalidades, en los esfuerzos del país para llegar al escenario de cero emisiones de gases de efecto invernadero en un futuro de mediano plazo. La Dirección de Cambio Climático (DCC) del MINAE es la entidad encargada del Programa País Carbono Neutralidad 2.0 (DCC n.d.).

Además de esto, se oficializa el Programa País Carbono Neutralidad 2.0 en las siguientes categorías: a) Organizacional y b) Cantonal. Como parte de los hitos del Programa país carbono neutralidad versión 2.0 se amplían las opciones de certificación a PYMES y Municipalidades. Este trabajo se centra en la categoría organizacional, debido a que los datos se obtendrán de empresas inscritas y reconocidas como carbono neutral (DCC n.d.).

El PPCN Organizacional da reconocimiento en las siguientes 5 categorías, cada una al ser cumplida da el derecho a la organización de obtener un certificado extendido por el MINAE por el reporte entregado y el otorgamiento del permiso de uso del símbolo de la categoría pertinente:

- Reconocimiento del reporte de inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): La organización que cumpla los requisitos del PPCN para el reporte del inventario de emisiones de GEI.
- Reconocimiento del reporte de inventario de emisiones de GEI y reducciones asociadas: La organización que cumpla los requisitos del PPCN para el reporte del inventario de emisiones de GEI y sus reducciones asociadas.
- Reconocimiento de Carbono reducción plus: Una organización que cumpla con lo indicado en la categoría anterior y que, además, realice esfuerzos que van más allá de los requisitos establecidos.
- Reconocimiento del reporte de Carbono neutralidad: La organización que cumpla los requisitos del PPCN para el reporte de Carbono neutralidad.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en esta investigación para la recolección y análisis de datos se desarrolló en tres etapas: taller de Huella de Carbono Producto, revisión de informes de inventario de gases de efecto invernadero y por último el análisis de los datos.

Taller de Huella de Carbono Producto.

Se realizó un taller de Huella de Carbono Producto con invitación abierta a todas las empresas pertenecientes al Programa País de Carbono Neutralidad 2.0. Dicho taller se llevó a cabo el día 17 de septiembre del año 2020, donde participaron 30 de las 177 empresas, lo cual representa un 17% de las empresas inscritas en el PPCN.

Durante el taller se expuso sobre HCP y la importancia en el mercado actual, una vez terminada la explicación se realizó una encuesta la cual constaba de dos partes. (Ver encuesta en Apéndice 1). La encuesta tenía dos propósitos el primero fue identificar las limitantes que dificultan la obtención de datos al realizar el cálculo de Huella de Carbono Producto. El segundo fue obtener las unidades producidas durante el año 2019 con el fin de calcular indicadores ambientales

Revisión de Informes de Inventario de Gases de Efecto Invernadero.

Una vez obtenida la muestra de las empresas se realizó una revisión de los informes de Inventario de Gases de Efecto Invernadero pertenecientes a las 30 empresas participantes en el taller. Dichos informes fueron proporcionados por la Dirección de Cambio Climático y su revisión se realizó con el objetivo de identificar las principales fuentes de emisión en cada una de las industrias a las que pertenecen las empresas.

Análisis de datos

Los datos fueron procesados según los objetivos de esta investigación. Para el primer objetivo se hizo una división entre las empresas que fabricaban productos o brindaban servicios. Una vez que se estableció la primera categoría de análisis, se creó una subdivisión en cada grupo según su sector productivo. Para el grupo de las empresas de productos se crearon las siguientes categorías con sus respectivas empresas:

- Agricultura (consta de dos empresas)
- Alimentos (consta de siete empresas)
- Cemento (consta de dos empresas)
- Industrial (consta de seis empresas)

En el grupo de los servicios se crearon las siguientes categorías:

- Venta de vehículos (consta de dos empresas)
- Servicio eléctrico (consta de dos empresas)
- Servicios de oficina (consta de cinco empresas)
- Servicios de venta y distribución de comida al por mayor (consta de una empresa)
- Servicios hospitalarios (consta de una empresa)
- Servicios financieros (consta de dos empresas)

En cada categoría se realizó una identificación de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, cada empresa fue analizada por separado y se obtuvieron cuadros resumen donde se agrupaban todas las emisiones emitidas por cada empresa según su categoría y las emisiones en común se sumaban entre sí para obtener las emisiones totales por categoría. Una vez obtenido el cuadro resumen por categoría se sumaron dichos cuadros para obtener las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en el grupo de los productos y de los servicios. Por último se hizo una suma general para así obtener los datos finales y así observar cómo cambian las fuentes de emisión según categoría, grupo estudiado y cuáles son las predominantes en general.

Para el segundo objetivo se obtuvieron indicadores ambientales a partir de la división de las emisiones de GEI de las empresas durante el año 2019 entre la producción de las empresas durante el mismo año. Los indicadores calculados y consultados tienen como límite los datos organizacionales por lo cual son indicadores organizacionales. Con el análisis de los inventarios de GEI y de la categoría organizacional se realizó una reflexión de cuáles aspectos deben mejorar para aumentar la cantidad y confiabilidad de los datos para los indicadores.

En el tercer objetivo se analizaron las brechas que tienen las empresas pertenecientes al PPCN 2.0 para calcular su Huella de Carbono de Producto. El análisis se realizó a partir de los resultados de la encuesta, con el fin de conocer el grado de conocimiento de las empresas en el tema de Huella de Carbono Producto y análisis de ciclo de vida.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se analizará las principales fuentes de emisión de GEI en las empresas pertenecientes al Programa País de Carbono Neutralidad, que participaron en el taller y de las cuales se analizó la información, durante el periodo de estudio 2019. Con el fin de determinar su contribución en la Huella de Carbono en el sector económico al que pertenecen y en el general al sector productivo del país. Se desarrollará la creación de indicadores de Huella de Carbono Producto y se realizara una reflexión sobre qué aspectos deberían mejorar en el PPCN 2.0 para obtener indicadores más cercanos a la realidad. Por último, se estudiarán las brechas de datos existentes en las empresas para calcular una Huella de Carbono Producto a partir de los cálculos de Huella de Carbono previos.

5.1 VALORACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN DE CARBONO EN LAS EMPRESAS

Durante la valoración realizada se dividió a las empresas en grupos y subgrupos, a continuación, se analizará el grupo de los productos, seguidamente el grupo de los servicios para terminar con un análisis general de las principales fuentes de emisión de las empresas. Durante el análisis se brindara la información de la misma forma en la que se obtuvo de los distintos informes de GEI por lo que si no se cuenta con información específica se debe a que el informe de GEI entregado a la DCC no especifica información como podría ser el tipo de refrigerante, fertilizante, combustible o de donde proviene la electricidad de la empresa entre otros.

5.1.1 Grupo de los Productos

5.1.1.1 Agricultura

En el subgrupo de la agricultura se encontraron dos empresas, una perteneciente al sector cafetalero y otra que se dedica al sector bananero del país.

A continuación, se observa el Cuadro 1, la información de las fuentes GEI de la producción cafetalera:

Cuadro 5.1. : Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción cafetalera

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Diésel | 153,11 | 6,82% |
| 1 | Gas LPG | 1,25 | 0,06% |
| 1 | Lubricantes | 3,52 | 0,16% |
| 1 | Desechos Sólidos | 311,84 | 13,89% |
| 1 | Aguas residuales (AR) | 29,41 | 1,31% |
| 1 | Desechos de Caballo | 2,65 | 0,12% |
| 1 | Fertilizantes | 709,97 | 31,63% |
| 1 | Carbonato + dolomita | 30,08 | 1,34% |
| 1 | Combustión por biomasa | 975,90 | 43,48% |
| 2 | Electricidad | 26,51 | 1,18% |
| Total | | 2244,26 | 100% |

Como se observa en el cuadro 5.1, las principales fuentes de emisión de GEI en la empresa cafetalera vienen del uso de diésel, desechos sólidos, uso de fertilizantes y la combustión de biomasa. Dicha información coincide parcialmente con los reportes de (Segura and Andrade 2012). Donde la fuente de GEI más importante en las plantaciones fue la aplicación de nitrógeno, seguido por el uso de combustibles fósiles y la aplicación de carbonatos. En nuestro caso encontramos que la mayor contribución se debe a la combustión de biomasa, esto puede suceder debido al uso de leña como combustible para el procesamiento del café.

Con respecto a la empresa bananera se observa en el cuadro 2, la información de la GEI, de dicha producción agrícola.

Cuadro 5.2. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción bananera.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Fertilizantes | 397,60 | 57% |
| 1 | Hidrocarburos | 30,90 | 4% |
| 1 | LPG | 3,95 | 1% |
| 1 | Aguas Vertidas | 0,01 | 0% |
| 1 | Tanques Sépticos | 5,14 | 1% |
| 1 | Extintores | 0,01 | 0% |
| 1 | Acetileno | 37,22 | 5% |
| 2 | Electricidad | 24,78 | 4% |
| 3 | Combustibles | 121,57 | 17% |
| 3 | Papel | 0,31 | 0% |
| 3 | Jet Fuel | 74,94 | 11% |
| Total | | 696,419 | 100% |

En el cuadro 5.2, se puede observar que las principales fuentes de emisión de GEI en la empresa bananera, provienen del uso de fertilizantes y el uso de combustibles. En general el uso de combustibles se debe a la aplicación aérea de fertilizantes en avioneta y al transporte en camiones del producto hasta el muelle de Moín en Limón. Los datos de producción en la finca concuerdan con los obtenidos por (Iriarte, Almeida, and Villalobos 2014) en su estudio realizado en el Ecuador. Este señala que durante el proceso de producción en la plantación, las emisiones por uso de fertilizantes y el uso de combustibles contribuyen en mayor medida a la HC durante esta etapa. Se puede destacar que existe un gran consumo de combustibles durante el transporte de la fruta de la finca de producción al muelle. Según (Svanes and Anna K.S. Aronsson 2013) en su estudio en Costa Rica, remarca que existe un ineficiente proceso de transporte del producto pero especifica que se debe al tamaño de los barcos ya que este estudio abarca hasta el muelle no sería el caso. Por lo cual se comparó el transporte terrestre en los dos estudios mencionados anteriormente y se observó como en Costa Rica se emite más carbono durante el proceso de transporte hasta el muelle en comparación con Ecuador.

Para analizar a mayor profundidad las fuentes de GEI en el sector de la agricultura se realizó un cuadro con las dos empresas del sector, a continuación, el cuadro 3.

Cuadro 5.3. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a la producción agrícola.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Consumo Combustibles | 189,20 | 6,4% |
| 1 | Fertilizantes | 1107,57 | 37,7% |
| 1 | Directas menores | 73,47 | 2,5% |
| 1 | Desechos sólidos y líquidos | 346,412 | 11,8% |
| 1 | Combustión de biomasa | 975,901 | 33,2% |
| 2 | Electricidad | 51,297 | 1,7% |
| 3 | Indirectas | 196,823 | 6,7% |
| Total | | 2940,676 | 100% |

En general, se observa en el cuadro 5.3, cómo los fertilizantes son la mayor fuente de emisiones de GEI en las empresas agricultoras durante el proceso de producción. Estas emisiones se encuentran por encima de la combustión de biomasa, los desechos sólidos y los líquidos. Al comparar estos resultados con (Jaiswal and Agrawal 2020) el cual encontró que las mayores contribuciones a las emisiones globales de GEI provienen de la fermentación entérica de los rumiantes con un 39%, las excretas dejadas en la pastura con un 16% y en tercer lugar los fertilizantes sintéticos con un 13%. Se observa que sin la presencia de ganado los fertilizantes serían los mayores contribuyentes en las emisiones, además se puede destacar que los residuos del fruto representan un 4% de las emisiones de GEI globales y durante el proceso productivo del café se suele lavar el fruto para dejar la semilla lista para el secado, lo cual explica las altas contribuciones de desechos sólidos y líquidos.

5.1.1.2 Alimentos

El siguiente subgrupo que se analizó fue el de los alimentos, este se compone de cuatro empresas y un conglomerado en el que se encuentran tres empresas que comparten datos entre ellas por lo cual dificulta su análisis ya que cada empresa realiza actividades diferentes. A continuación, analizaremos primeramente el conglomerado y seguidamente las demás empresas.

Dicho conglomerado abarca una empresa productora y empaquera de arroz y frijoles, una empresa productora de envasados y salsas para consumo, por último, una empresa que se encarga de repartir dichos productos en el mercado nacional. En el caso de la primera empresa, se debe mencionar que se hacen responsables de las emisiones a partir del momento que el arroz es cosechado y enviado a la fábrica, por esto no se mencionan los fertilizantes en su inventario de GEI.

En el siguiente cuadro, podemos observar las fuentes de GEI del conglomerado:

Cuadro 5.4. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en un conglomerado dedicado a la producción y distribución de alimentos.

| Alcance | Fuente | tCO ₂ | Porcentaje |
|--------------|-----------------------|------------------|-------------|
| 1 | Consumos combustibles | 2315 | 78% |
| 1 | Refrigerantes | 332 | 11% |
| 1 | LPG | 91,4 | 3% |
| 1 | ARIndustriales | 83,7 | 3% |
| 1 | Jet fuel | 15,6 | 1% |
| 1 | AR Domésticas | 47,9 | 2% |
| 2 | Electricidad | 83,6 | 3% |
| Total | | 2969,18 | 100% |

Se puede observar en el cuadro 5.4, que la mayor fuente de emisión de GEI proviene del consumo de combustibles (se usa este término cuando no se conoce que combustibles fueron consumidos), seguido por el consumo de refrigerantes. De este consumo de combustibles una gran parte proviene de la empresa productora y empacadora. Según (Arunrat and Pumijumnong 2017) el uso de combustibles es la tercera fuente de emisión más importante durante el proceso de producción del arroz. Esto puede explicar el consumo de combustibles durante los procesos que realizan esta empresa, pero debido a que los datos no son tan claros, no se puede asegurar del todo.

De las empresas del sector alimentos que no pertenecen al conglomerado, la primera que se analizara es una empresa dedicada a la producción de galletas. En el cuadro 5.5 podemos observar las fuentes de GEI de dicha empresa

Cuadro 5.5. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción y comercialización de galletas

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | GLP Fuente fija | 5723,2 | 86,2% |
| 1 | GLP Fuente móvil | 84,5 | 1,3% |
| 1 | Refrigerante R22 | 0 | 0,0% |
| 1 | Refrigerante R410 | 156,5 | 2,4% |
| 1 | Refrigerante R407 | 137,4 | 2,1% |
| 1 | Refrigerante R507 | 0 | 0,0% |
| 1 | Refrigerante R134 | 17,7 | 0,3% |
| 1 | Lubricantes | 1,4 | 0,0% |
| 1 | Aerosoles | 0 | 0,0% |
| 1 | Acetileno | 0 | 0,0% |
| 1 | Gas map pro | 0 | 0,0% |
| 1 | Gas camping | 0 | 0,0% |
| 1 | Diésel planta de emergencia | 46 | 0,7% |
| 1 | Diésel Vehículos | 91,1 | 1,4% |
| 1 | Gasolina vehículos | 12,8 | 0,2% |
| 1 | Gas refrigerante vehículos | 0 | 0,0% |
| 1 | Lubricante vehículos | 0,2 | 0,0% |
| 1 | Descomposición bicarbonato de sodio | 62,2 | 0,9% |
| 1 | Descomposición bicarbonato de amonio | 70,8 | 1,1% |
| 1 | Polvo de hornear | 0,5 | 0,0% |
| 1 | Extintores | 0,3 | 0,0% |
| 2 | Electricidad | 238,5 | 3,6% |
| Total | | 6643,13 | 100% |

Como se observa en el cuadro 5.5, su principal fuente de emisión de GEI proviene del uso de GLP. Este se usa para alimentar a los hornos por donde deben pasar todas las galletas durante su proceso de producción. La elección de GLP como combustible para un horno parece ser una mejor opción que la electricidad, ya que (Sirotiuk and Viglizzo 2013) encontró que la panificación usando un horno alimentado por gas natural libero menos CO₂ que la panificación con el uso de un horno convencional. Cabe destacar que también se menciona que la matriz eléctrica de un país puede cambiar esto ya que el uso de energías renovables puede jugar un papel importante.

La segunda empresa por analizar se dedica a la producción de jugos y pures a base de frutas. En el siguiente cuadro podemos ver las fuentes de GEI de la empresa.

Cuadro 5.6. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa dedicada a la producción de jugos y puré de frutas.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Bunker | 6631,7 | 84,8% |
| 1 | GLP Monta cargas | 92,9 | 1,2% |
| 1 | GLP soda | 8,0 | 0,1% |
| 1 | Gasolina moto | 2,7 | 0,0% |
| 1 | Lubricantes | 1,4 | 0,0% |
| 1 | Diésel camión | 1,8 | 0,0% |
| 1 | Diésel Planta Eléctrica | 1,6 | 0,0% |
| 1 | R22 | 197,5 | 2,5% |
| 1 | R134 | 35,45 | 0,5% |
| 1 | R507 | 337,5 | 4,3% |
| 1 | R410 | 19,6 | 0,3% |
| 1 | Acetileno | 0,7 | 0,0% |
| 1 | Gas Propano | 0,1 | 0,0% |
| 1 | Extintores | 0,2 | 0,0% |
| 2 | Electricidad | 484,9 | 6,2% |
| Total | | 7816,031 | 100% |

En el cuadro 5.6 se observa las mayores fuentes de emisión de GEI, estas provienen principalmente del uso de bunker, seguido por el uso de electricidad y refrigerantes. Al comparar estos resultados con el estudio de Huella de Carbono en la producción de jugos de frutas realizado en Colombia por (Castaño González and Rodríguez Guevara 2013) se observa como el crudo pesado o bunker es la principal fuente de emisión de GEI en la primera Huella de Carbono realizada, seguido de la electricidad. Si también se analizan las demás huellas de carbono obtenida durante los años que duro el estudio, se observa que predomina

el consumo de combustibles y el consumo de electricidad y refrigerantes como principales fuentes de emisión, al igual que en nuestros datos.

Ahora bien, con respecto a la tercera empresa esta se dedica al procesamiento y almacenamiento cárnico, en el siguiente cuadro podemos observar las fuentes principales de GEI de dicha empresa.

Cuadro 5.7. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa dedicada al proceso y almacenamiento de productos cárnicos.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|---|------------------------|-------------------|
| 1 | Gasolina | 5,19 | 0,07% |
| 1 | Diésel | 204,77 | 2,53% |
| 1 | Bunker | 3.632,68 | 44,85% |
| 1 | Refrigerantes | 3.746,98 | 46,26% |
| 1 | Proceso digestivo y manejo de estiércol | 233,70 | 2,89% |
| 1 | Entierro de ganado | 11,21 | 0,14% |
| 1 | Laguna Aerobia | 40,22 | 0,50% |
| 2 | Electricidad | 224,82 | 2,78% |
| Total | | 8.099,57 | 100% |

El cuadro 5.7, se observa las principales fuentes de emisión de GEI de la procesadora de productos cárnicos. Las principales emisiones provienen del uso de bunker (entre otros combustibles), y refrigerantes. En menor medida encontramos fuentes provenientes de las excretas de los animales, igualmente la energía eléctrica usada en el proceso es muy baja. Al contrastar los datos con los obtenidos en España por (Soler 2019) el cual menciona que en los mataderos o procesadoras de productos cárnicos, existen diferentes fuentes de emisión de GEI como lo son: uso de energías térmicas, electricidad, consumo de agua y pérdida de amoníaco por la estabulación de los cerdos entre otras fuentes. Y las principales fuentes en su estudio son: la energía térmica con un 52% y la energía eléctrica con un 42%. Por lo tanto, se observa la diferencia en la contribución de la electricidad de un estudio a otro y de la nula mención de los refrigerantes. En el caso de la electricidad esta diferencia puede deberse a la

matriz energética con la que se alimenta el país. Según (ICE 2015) Costa Rica cuenta con una matriz eléctrica compuesta con 97,1% energías renovables, mientras en España solo el 36% de la matriz eléctrica usa energías renovables, en su mayoría solar (INE 2019).

Por último, en el sector alimentos se analiza una empresa dedicada a la producción y distribución de saborizantes, colorantes y aditivos para alimentos. En el siguiente cuadro podemos observar las principales fuentes de GEI de la empresa.

Cuadro 5.8. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa dedicada a la creación de saborizantes alimenticios

| Alcance | Fuente | tCO2 | Porcentaje |
|----------------|-------------------------------|--------------|-------------------|
| 1 | Diésel Transporte | 20,4 | 44,5% |
| 1 | Gasolina | 0,6 | 1,2% |
| 1 | LPG Transporte | 5,0 | 10,9% |
| 1 | Diésel Generación Eléctrica | 0,2 | 0,3% |
| 1 | Proceso de lubricado | 0 | 0,1% |
| 1 | Aguas Residuales Domésticas | 4,4 | 9,5% |
| 1 | Aguas Residuales Industriales | 1,7 | 3,7% |
| 1 | Extintor | 0,0 | 0,0% |
| 2 | Electricidad | 0,3 | 0,7% |
| 3 | Gasolina | 9,2 | 20,2% |
| 3 | Residuos Sólidos | 2,8 | 6,0% |
| 3 | Viajes Aéreos | 1,3 | 2,8% |
| Total | | 45,77 | 100% |

A partir del cuadro 5.8 se observa las principales emisiones de GEI de la empresa dedicada a la producción de saborizantes alimenticios, estas emisiones provienen del consumo de combustibles en fuentes móviles, seguido por las aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales y los residuos sólidos. Según (Hidalgo Carballo and Rodríguez Esquivel 2018) el 33% de las emisiones brutas de Costa Rica provienen del sector transporte, por lo cual en una empresa encargada de la distribución es razonable encontrar que los combustibles asociados a las fuentes móviles representan la mayor fuente de GEI. La segunda

mayor fuente de emisiones es la producción de residuos sólidos y líquidos, este rubro suele ser despreciado en los inventario de carbono organizacional debido a que el PPCN permite excluir aquellas fuentes de GEI que no superen el 3% del inventario total, sin embargo la producción de residuos sólidos y líquidos representa el 16% de las emisiones de GEI en Costa Rica (MINAE et al. 2012) por lo cual es importante la cuantificación de estas fuentes en los inventarios.

5.1.1.3 *Cemento*

En el subgrupo del cemento se encuentran dos empresas que producen dicho recurso, la evaluación de este producto es de gran importancia debido a que la industria del cemento es una de las que más energías consume en el mundo y genera cerca del 5% de las emisiones de CO₂ antropogénico (Cai et al. 2016). Por lo cual mejorando la eficiencia de su proceso de producción se podrían disminuir en gran medida las emisiones de GEI de un país.

A continuación, observaremos el cuadro de las fuentes de GEI del sector cemento, es decir la información de ambas empresas.

Cuadro 5. 9. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en las empresas dedicadas a la producción de cemento

| Alcance | Fuente | tCO ₂ | Porcentaje |
|--------------|----------------------|-------------------|-------------|
| 1 | Consumo Combustibles | 401.605,5 | 37,1% |
| 1 | Descarbonatación | 665.053,7 | 61,4% |
| 1 | Directas menores | 189,6 | 0,0% |
| 2 | Electricidad | 8791,2 | 0,8% |
| 3 | Indirectas | 7237,7 | 0,7% |
| Total | | 1.082. 878 | 100% |

Como se observa en el cuadro 5.9, la mayor fuente de emisión de GEI se debe a la descarbonatación y en segundo lugar el consumo de combustibles. La descarbonatación se lleva a cabo en el proceso de calcinación durante la producción del Clinker/cemento, en este

proceso se calcina la materia prima y es capaz de liberar 500 kg de CO₂ por cada tonelada de Clinker producido, esto puede aumentar un 50% según el sistema de producción usado. Dicho proceso se lleva en un horno que usa mayoritariamente combustibles fósiles para calentar el material a la temperatura deseada (Feiz et al. 2015). Los resultados encontrados coinciden en gran medida con la bibliografía consultada, lo que vuelve a la industria muy uniforme, es decir que las mayores fuentes de GEI tienden a hacer las mismas independientemente de la región que se consulte.

5.1.1.4 Industrial

Por último, en la categoría productos se encuentra el subgrupo industrial, donde se encuentran seis empresas que realizan actividades distintas a las mencionadas anteriormente. Entre dichas empresas se puede encontrar: una fábrica de pinturas, una fábrica de productos de limpieza, una fábrica de ropa, una fábrica de telas vinílicas, una fábrica de acero y una empresa que importa, almacena y distribuye hidrocarburos. Se analizarán todas las empresas con excepción de las empresas de productos de limpieza, debido a que su inventario de emisiones GEI del 2019 no viene desglosado fuente por fuente de emisión sino que se divide en las categorías por el tipo de alcance 1, 2 y 3. Esto imposibilita que se realice un adecuado análisis de las fuentes de GEI de la empresa.

A continuación, podemos observar el cuadro GEI de la empresa dedicada a la creación de pinturas.

Cuadro 5.10. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la creación de pintura

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|---------------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Gasolina Montacargas | 14,0 | 11% |
| 1 | Aceites y lubricantes | 0 | 0% |
| 1 | Diésel sistema contra incendios | 0,2 | 0% |
| 1 | Diésel, Generadores eléctricos | 2,1 | 2% |
| 1 | GLP Montacargas | 19,0 | 16% |
| 1 | Recarga de extintores | 0,2 | 0% |
| 1 | Refrigerante R22 | 9,3 | 8% |
| 1 | Refrigerante R410a | 3,1 | 3% |
| 1 | Refrigerante R134 | 0 | 0% |
| 1 | Tanques sépticos | 20,1 | 16% |
| 1 | Planta de tratamiento | 16,8 | 14% |
| 2 | Electricidad | 37,7 | 31% |
| Total | | 122,5656 | 100% |

En el caso de la empresa de Pinturas se observa en el cuadro 5.10, las principales fuentes de emisión de GEI provienen del uso de montacargas (gasolina y GLP), las aguas residuales (planta de tratamiento y tanques sépticos) y el consumo de energía eléctrica. Cuando se comparan los datos con los obtenidos por (Saif et al. 2015) se pueden apreciar algunas similitudes como: en ambos estudios la energía eléctrica aporta más del 30% de las emisiones totales de GEI. Esto debido a que se ocupa de este recurso para hacer funcionar las maquinas durante el proceso de producción de la pintura. También se debe considerar la producción de desechos sólidos y líquidos que son una de las fuentes importantes de emisiones de GEI, ya que se les debe dar tratamiento. La mayor diferencia se encontraría en el consumo de combustibles, ya que en el proceso del estudio pakistaní se usa más combustibles en las fuentes fijas que en las móviles, pero en nuestro caso dominan las fuentes móviles (montacargas) encargadas de transportarte en bodega, por lo que es probable que se usen tecnologías distintas para la fabricación de las pinturas.

La siguiente empresa en el sector industrial que se va a analizar es una empresa dedicada a la producción de artículos de acero, seguidamente podemos observar el cuadro de las fuentes de GEI de dicha empresa.

Cuadro 5. 11. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa que se dedica a la producción de artículos de acero.

| Alcance | Fuente | tCO2 | Porcentaje |
|----------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | GLP institucional | 13,6 | 0% |
| 1 | GLP manufactura | 10769,8 | 79% |
| 1 | Diésel Manufactura | 530,8 | 4% |
| 1 | Diésel generación eléctrica | 224,3 | 2% |
| 1 | Diésel transporte terrestre | 17,9 | 0% |
| 1 | Diésel comercial | 39,1 | 0% |
| 1 | Aguas Residuales Domesticas | 8,2 | 0% |
| 1 | Lubricantes | 66,5 | 0% |
| 1 | Refrigerante R-22 | 49,2 | 0% |
| 2 | Electricidad | 1817,3 | 13% |
| 3 | Residuos orgánicos | 16,7 | 0% |
| Total | | 13. 553,52 | 100% |

Cuando se analiza el caso de la empresa encargada de fabricar productos de acero en el cuadro 5.11, las principales fuentes de emisión de GEI son; uso de GLP para la manufactura, electricidad y uso de Diésel, también para la manufactura del producto. Esto debido a que la empresa en su proceso productivo aplica un recubrimiento metálico o de pintura, además de realizar la actividad de galvanizado. Según (Malmström et al. 2012) El proceso de galvanizado por inmersión en caliente es uno de los métodos más utilizados para la protección de acero contra la corrosión. Para su adecuada realización se galvaniza el acero y el zinc a una temperatura ente 445°C – 460°C. En dichos procesos se usan combustibles como el GLP o Diesel para alcanzar las temperaturas deseadas.

Con respecto a la empresa encargada de la fabricación de ropa o textiles, se puede observar las principales fuentes de GEI en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.12. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción textil.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|--|------------------------|-------------------|
| 1 | Gasolina | 17,3 | 50% |
| 1 | Diésel | 11,5 | 33% |
| 1 | GLP | 0,3 | 1% |
| 1 | Lubricantes | 0 | 0% |
| 1 | Procesos digestivos y estiércol ganado | 1,8 | 5% |
| 1 | Procesos digestivos y estiércol caballos | 1,7 | 5% |
| 1 | Procesos digestivos y estiércol cabras | 0,3 | 1% |
| 1 | Aguas Residuales | 0,7 | 2% |
| 1 | Extintores | 0 | 0% |
| 2 | Electricidad | 1,1 | 3% |
| Total | | 34,6531 | 100% |

Como se observa en el cuadro 5.12, las mayores fuentes de emisión de GEI son: consumo de gasolina, diésel y en menor medida procesos digestivos y estiércol. Este consumo de combustibles se debe a que la empresa distribuye sus prendas a las distintas tiendas y almacenes para la venta. De acuerdo con (Salas and Condorhuaman 2014) el segundo mayor impacto climático en la cadena de valor de los textiles está causado por el transporte. Dentro de los transportes, el mayor impacto viene del textil terminado hacia el destino de venta. Por último, la empresa cuenta con una reserva forestal, por este motivo es que se generan las emisiones de procesos digestivos y estiércol anteriormente mencionadas, por lo cual tienen influencia en los niveles de CO₂ de la empresa.

Una de las últimas empresas en el sector industrial se dedica a la importación y la distribución de los hidrocarburos; para el análisis de las fuentes GEI de la empresa se realizó el siguiente cuadro.

Cuadro 5.13. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la importación y distribución de hidrocarburos.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Caldera bunker | 20.493,4 | 75,6% |
| 1 | Caldera LPG | 5.249,3 | 19,4% |
| 1 | Diésel Vehicular | 323,6 | 1,2% |
| 1 | Gasolina Vehicular | 50,1 | 0,2% |
| 1 | Diésel Máquinas y equipos | 220,8 | 0,8% |
| 1 | Gasolina Máquinas y equipos | 9,4 | 0% |
| 1 | Diésel Electricidad | 29,1 | 0,1% |
| 1 | Extintor | 0,8 | 0 % |
| 1 | Refrigerantes | 10,5 | 0% |
| 1 | Tanque séptico | 0,2 | 0% |
| 1 | Laguna Anaerobia | 0 | 0% |
| 1 | Cilindros | 0 | 0% |
| 1 | Soldaduras | 0 | 0% |
| 1 | Pruebas de calidad | 0,1 | 0% |
| 1 | Lubricantes | 3,1 | 0% |
| 1 | Sistemas contra incendios | 2,4 | 0% |
| 1 | Transmisión de GLP | 4,4 | 0% |
| 1 | Almacenamiento de GLP | 22,0 | 0,1% |
| 2 | Electricidad | 698,4 | 2,6% |
| Total | | 27.117,61 | 100% |

Con respecto a la empresa de Hidrocarburos se puede observar en el cuadro 5.13, que las mayores emisiones de GEI provienen del consumo de combustibles como bunker y LPG en calderas. Según (Sánchez Calderón 2012) los hidrocarburos como emulsión asfáltica, asfalto y bunker requieren una fuente de calor externa para mantener la temperatura adecuada, por lo cual se utiliza vapor generado por un sistema de calderas para así mantener

sus propiedades. Dichas calderas representan el 86% de las emisiones del plantel de RECOPE en Ochoingo, un consumo muy similar al que encontramos en nuestro inventario.

Para terminar el subgrupo industrial, analizaremos a la empresa encargada de fabricar telas vinílicas. Las telas vinílicas son elaboradas con un recubrimiento de Policloruro de Vinilo (PVC), consiste en unir un sustrato textil con una capa polimérica. Para realizar esto se usan aditivos, estabilizadores, espumantes y pigmentos que se mezclan con el PVC para el proceso plastificante (Sebastián and Rojas 2012)

A continuación, el cuadro 5.14:

Cuadro 5.14. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa que se dedica a la producción de telas vinílicas.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Bunker | 3650,3 | 52,1% |
| 1 | ITAS-RTO(solventes-plastificantes) | 2085,6 | 29,8% |
| 1 | Diésel | 848,2 | 12,1% |
| 1 | GLP | 19,9 | 0,3% |
| 1 | Combustible de vehículos | 19,9 | 0,3% |
| 1 | Diésel planta eléctrica | 2,8 | 0% |
| 1 | GLP del proceso | 13,4 | 0,2% |
| 1 | GLP soda | 7,4 | 0,1% |
| 2 | Electricidad | 354,5 | 5,1% |
| Total | | 7001,83 | 100% |

En el cuadro 5.14, se observa que las principales fuentes de emisión de GEI son el consumo de bunker, plastificantes-solventes, diésel y electricidad. Dichas emisiones provienen del proceso de plastificación para producir las telas vinílicas, en dicho proceso se funde, mezcla y homogeniza la mezcla de PVC para así producir el recubrimiento de vinilo que se le aplica a los textiles.

5.1.2 Grupo de Servicios.

5.1.2.1 Venta de Vehículos.

Ahora bien, en el grupo de los servicios se analizaron primeramente al subgrupo de venta de vehículos, el cual está compuesto por dos empresas que realizan actividades de comercialización de vehículos, de repuestos y taller de mantenimiento y reparación.

Cuadro 5.15. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a la venta de vehículos.

| Alcance | Fuente | tCO ₂ | Porcentaje |
|--------------|------------------|------------------|-------------|
| 1 | Gasolina | 136,97 | 20,1% |
| 1 | Diésel | 325,50 | 47,9% |
| 1 | Refrigerantes | 49,88 | 7,3% |
| 1 | Directas Menores | 18,13 | 2,7% |
| 2 | Electricidad | 149,54 | 22,0% |
| Total | | 680,025 | 100% |

Al analizar las fuentes de emisión de las empresas, se puede observar en el cuadro 5.15, que las fuentes de GEI que destacan son el consumo de combustibles (Gasolina y Diésel), el uso de electricidad y los refrigerantes en menor medida. Dichos combustibles se usan en los vehículos que distribuyen las empresas, por lo cual es probable que exista una mayor venta de vehículos de diésel en comparación con los de gasolina o que las empresas utilicen más vehículos diésel que vehículos gasolina, debido a que su consumo es mucho mayor. En el caso del uso de energía eléctrica, según (National Grid US 2010) el 19% de los gastos totales de un edificio de oficinas proviene del consumo de energía. Y de este consumo 43% proviene de iluminación, 18% de equipo de oficina y 10% de aires acondicionas, en las zonas más cálidas de EEUU. Por lo cual es razonable encontrar que el uso de electricidad y refrigerantes son fuentes importantes de GEI.

5.1.2.2 Servicios Financieros

Cuadro 5.16. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a brindar servicios financieros.

| Alcance | Fuente | tCO ₂ | Porcentaje |
|--------------|----------------------|------------------|-------------|
| 1 | Consumo Combustibles | 196,3 | 11,3% |
| 1 | Refrigerantes | 487,3 | 28,2% |
| 1 | Directas menores | 8,7 | 0,5% |
| 2 | Electricidad | 990,7 | 57,2% |
| 3 | Indirectas | 47,7 | 2,8% |
| Total | | 1730,768 | 100% |

En el subgrupo de servicios financieros el cual consta de dos empresas, podemos observar en el cuadro 5.16, como las mayores fuentes de emisión de GEI son: el consumo de electricidad, uso de refrigerantes y consumo de combustibles. Como se mencionó anteriormente en las actividades de servicio que involucren edificios de oficinas o residenciales, es normal que el consumo de energía sea una fuente importante de GEI, debido a su uso continuo en distintas actividades, como iluminación, funcionamiento de equipos de oficina y aires acondicionados. Dichos equipos de aire acondicionado son los responsables del consumo de refrigerantes para su correcto funcionamiento y por último se encuentra el consumo de combustibles el cual debe su valor al uso de estos en plantas de generación eléctrica y en vehículos propios de las organizaciones.

Al comparar los datos obtenidos con los del autora (Bolaños Mejía 2017) en su estudio en el Banco Central de Costa Rica, se observan ciertas diferencias ya que ella incluyó las emisiones de alcance tipo 3 en sus análisis y no contabilizó los refrigerantes por falta de datos, pero al dejar esto de lado se observa como el consumo de electricidad y de combustibles son las principales fuentes de emisión de GEI en su estudio. Además, que la misma autora menciona que es importante la cuantificación de los refrigerantes en futuros inventarios ya que estos gases poseen un alto potencial de calentamiento y contaminación.

5.1.2.3 Servicio eléctrico

En el subgrupo de servicio de electricidad se encuentran dos empresas que brindan los servicios de producción, distribución y comercialización dentro el país. La producción eléctrica de las empresas proviene de plantas hidroeléctricas, geotérmicas y eólicas por lo tanto dichos datos no se encuentran separados y no se puede caracterizar a una forma de producir energía eléctrica en particular. Para analizar las fuentes de GEI en el sector eléctrico se realizó el siguiente cuadro:

Cuadro 5. 17. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en las empresas dedicadas a la producción y servicio eléctrico

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|---|------------------------|-------------------|
| 1 | Consumo de combustibles | 2009,0 | 0,6% |
| 1 | Aires acondicionados y refrigerantes | 399,7 | 0,1% |
| 1 | Directas menores | 54,9 | 0,0% |
| 1 | Gases incondensables | 87.922,2 | 24,6% |
| 1 | Metano de embalses | 112.402,4 | 31,5% |
| 2 | Electricidad | 173,6 | 0,0% |
| 3 | Consumo energía alumbrado publico | 3.274,8 | 0,9% |
| 3 | Perdida de energía distribución | 13.397,0 | 3,8% |
| 3 | Generación de residuos y aguas residuales | 1.292,9 | 0,4% |
| 3 | Energía Vendida por Comercialización | 135.922,9 | 38,1% |
| Total | | 356849,4 | 100% |

Como se observa en el cuadro 5.17, las mayores fuentes de emisión de GEI son: gases incondensables, metano de embalses y energía vendida por comercialización. Respecto a los gases incondensables, estos se liberan durante el proceso de producción de energía geotérmica. Los gases se encuentran almacenados en las profundidades de la tierra y son arrastrados con el flujo de vapor que llega a la planta generadora. Estos gases son principalmente CO₂ y H₂S y su concentración dependen de las condiciones geológicas de los campos geotérmicos (Vallejos Esquivel 2016).

En el caso de los embalses, estos tienden a inundar grandes extensiones de materia orgánica que, a medida que se van descomponiendo, producen CO₂ y CH₄. Además los embalses tienden a recibir de los ríos materia orgánica y nutrientes como: nitrógeno y fosforo, lo que estimula la producción de gases contaminantes, de los cuales se estima que el 80% es metano (BBC 2016).

Se ha determinado que en algunas ocasiones los embalses asociados a fuentes de producción hidroeléctrica realizan importantes aportes de gas metano a la atmosfera causando inclusive, un mayor impacto a nivel de cambio climático que por otros tipos de generación eléctrica no alternativa (Demarty and Bastien 2011).

Por último, se encontró que la mayor fuente de emisión proviene de la energía vendida por comercialización, en este caso una de las empresas evaluadas incluyo en su inventario de GEI las emisiones indirectas ocasionadas por la energía eléctrica consumida por sus clientes, dicho dato fue aportado por la Unidad de Soporte Comercial pero ya que el consumo es algo que no puede controlar la empresa y es independiente de ella solo se podría disminuir mediante educación en eficiencia energética para sus clientes y planes de incentivos a los que logren reducir su consumo.

5.1.2.4 Servicios de Oficina

En este apartado se analiza el subgrupo de servicios de oficina, del cual forman parte cinco empresas que realizan actividades diferentes entre sí, pero su núcleo de trabajo se encuentra dentro de oficinas y aquí se realizan la mayoría de los procesos productivos. Entre estas cinco empresas encontramos; una agencia de viajes, una institución pública, una empresa de consultorías, empresa de tecnología y una aseguradora.

Cuadro 5.18. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a brindar servicios de oficina.

| Alcance | Fuente | tCO ₂ | Porcentaje |
|--------------|------------------|------------------|-------------|
| 1 | Gasolina | 83,1 | 13,3% |
| 1 | LPG | 2,6 | 0,4% |
| 1 | Diésel | 325,0 | 51,9% |
| 1 | Refrigerantes | 32,0 | 5,1% |
| 1 | Directas Menores | 6,1 | 1,0% |
| 2 | Electricidad | 102,6 | 16,4% |
| 3 | Indirectas | 74,6 | 11,9% |
| Total | | 625,87 | 100% |

En el cuadro 5.18, se denota que las principales fuentes de emisión de GEI son; el consumo de combustibles, electricidad y fuentes indirectas. La gran mayoría del combustible consumido en estas empresas se usa en su flota vehicular, por lo cual se usa para el transporte de personal. Además, que gran parte de las emisiones indirectas se deben a vuelos comerciales y en menor medida al tratamiento de aguas residuales. Con lo dicho anteriormente se puede concluir que el transporte es de gran importancia para estas empresas y según (Zárate and Ramírez 2016) el sector transporte consume más del 80% de toda la energía proveniente de los derivados de petróleo, de los cuales la gasolina y el diésel son los más consumidos.

Por último, no es de sorprender que detrás del consumo de combustibles se encuentre el uso de electricidad como la segunda fuente de emisión de GEI en este subgrupo, ya que como se mencionó anteriormente el (National Grid US 2010) la factura eléctrica representa un gran gasto en oficinas por el gran consumo de electricidad en iluminación, equipo de oficina, aires acondicionados entre otros, por lo cual el aporte de la electricidad en las emisiones de GEI siempre será significativo en oficinas.

5.1.2.5 Servicios de venta y distribución de comida al por mayor

Este subgrupo lo comprende una empresa que posee varios supermercados y tiendas de conveniencia, además de una planta de procesamiento de alimentos. Para analizar las fuentes de GEI de la empresa se realizó un cuadro con las principales emisiones.

Cuadro 5.19. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa de supermercados.

| Alcance | Fuente | tnCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | Diésel-Planta Eléctrica | 48,7 | 0% |
| 1 | Diésel-Hornos | 325,2 | 2% |
| 1 | Diésel Vehículos | 92,7 | 1% |
| 1 | GLP Hornos | 283,0 | 2% |
| 1 | GLP Montacargas | 5,5 | 0% |
| 1 | Gasolina Vehículos | 27,9 | 0% |
| 1 | Refrigerantes | 11. 203,9 | 79% |
| 1 | Aguas residuales | 103,8 | 1% |
| 2 | Electricidad | 2.016,6 | 14% |
| Total | | 14107,15 | 100% |

Se observa en el cuadro 5.19, las principales fuentes de emisión de GEI son el uso de los refrigerantes, uso de energía eléctrica y el consumo de combustibles como: GLP y Diésel. Al realizar la comparación de estos datos con los obtenidos por (Lukić et al. 2018) encontramos que las empresas encargadas de la distribución y venta de comida al por mayor como: Walmart Estados Unidos y Ahold en Alemania tienen como fuentes de emisión más importantes la electricidad, los refrigerantes y los combustibles.

La mayor diferencia es que los refrigerantes predominan en nuestro análisis y en los otros países es la electricidad la mayor fuente de emisiones. Especialmente en el caso de Walmart, en Estados Unidos, donde representan hasta un 69% de su inventario de GEI. Esto se puede explicar al uso de energías renovables en nuestra matriz energética, como se explicó anteriormente, mientras tanto en Estados Unidos la producción eléctrica es más

convencional y solo el 16% se produce con energía renovable, la energía restante se produce con carbón, gas natural y energía nuclear (Gómez Jiménez and Sanz Oliva 2019).

5.1.2.6 Servicios Hospitalarios

Para finalizar el análisis del grupo de los servicios, se analizó el subgrupo de servicios hospitalarios, el cual comprende un hospital, para analizar las emisiones de GEI se realizó el siguiente cuadro:

Cuadro 5.20. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a brindar servicios hospitalarios.

| Alcance | Fuente | tCO ₂ | Porcentaje |
|--------------|-----------------------------------|------------------|-------------|
| 1 | Uso GLP | 280,4 | 31,7% |
| 1 | N ₂ O Cirugía | 217,6 | 24,6% |
| 1 | Refrigerante R 404a | 35,6 | 4,0% |
| 1 | Refrigerante R 410a | 17,3 | 1,9% |
| 1 | Aguas Residuales | 15,4 | 1,7% |
| 1 | Fuentes Fijas diésel | 15,1 | 1,7% |
| 1 | Fuentes Móviles Diésel | 1,9 | 0,2% |
| 1 | Total de CO ₂ gasolina | 1,6 | 0,2% |
| 2 | Electricidad | 300,4 | 33,9% |
| Total | | 885,3 | 100% |

En el cuadro 5.20, se observa que sus principales fuentes de emisión de GEI son; el uso de electricidad, uso de GLP, N₂O para cirugía y refrigerantes. Al contrastar los datos obtenidos con los de (Balkenhol et al. 2018) se observó que el uso de electricidad es predominante en el proceso hospitalario, seguido por la generación de residuos, lo cual no fue tomada en cuenta en el inventario analizado y seguidamente el uso de gases clínicos (N₂O) y el uso de combustibles. En nuestro caso el uso de combustibles supero al uso de gases clínicos, esto puede deberse a que el N₂O es ampliamente usado en anestesia y

dependiendo de las concentraciones en la que se utilice puede aumentar en gran medida las emisiones de GEI, por lo que se recomienda disminuir o evitar el uso para así disminuir el impacto.

5.2 ANÁLISIS GENERAL DE LAS FUENTES DE EMISIÓN GEI.

Una vez analizados los productos y los servicios, se realizará un análisis general de las fuentes de emisión de GEI predominantes en cada uno de estos grupos y las fuentes principales desde un punto de vista general.

Para iniciar con el análisis del grupo de los productos, se debe mencionar que se realizó una exclusión en el sector del cemento, debido a que este sector como se mencionó anteriormente produce gran cantidad de CO₂ durante el proceso de descarbonatación, y al realizar un análisis incluyendo este sector se encontró que este proceso representa un 57% de las emisiones de GEI. En el siguiente cuadro podemos observar el sector producción sin las empresas cementeras.

Cuadro 5.21. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en todas las empresas dedicadas a la producción excluyendo al sector cementero.

| Alcance | Fuente | tCO ₂ | Porcentaje |
|--------------|-------------------------|------------------|-------------|
| 1 | Consumo de Combustibles | 62.769,8 | 81,9% |
| 1 | Refrigerantes | 5.052,8 | 6,6% |
| 1 | Directas menores | 770,7 | 1,0% |
| 1 | Plastificantes | 2.085,6 | 2,7% |
| 1 | Fertilizantes | 1.107,6 | 1,4% |
| 1 | Aguas residuales | 258,4 | 0,3% |
| 1 | Residuos sólidos | 331,4 | 0,4% |
| 2 | Electricidad | 3.992,7 | 5,2% |
| 3 | Indirectas | 291,4 | 0,4% |
| Total | | 76.660,28 | 100% |

Al haber realizado dicha exclusión del sector cementero se logra prestarle atención a otras fuentes que se veían opacadas por este proceso del cemento. Como se observa en el cuadro 5.21, la principal fuente de emisión de GEI en el grupo de los productos es el consumo de combustibles, seguida por los refrigerantes, el consumo de electricidad, los plastificantes y fertilizantes.

En el caso de los productos es evidente que el uso de combustibles es indispensable durante sus procesos productivos, ya que estos se usan para el funcionamiento de calderas, maquinaria, distribución del producto, transporte del personal entre otras funciones. Los principales combustibles que se utilizan son: bunker y GLP, los cuales se utilizan en su mayoría en el sector industrial. Cabe destacar que gran parte del bunker es utilizado en calderas y el GLP es utilizado en su mayoría para hornos y calderas.

Ahora bien, los refrigerantes son utilizados principalmente en el sector de los alimentos, un 98% provienen del sector alimenticio, y sobresale el uso de refrigerantes en la empresa de procesamiento cárnico. Mientras tanto en el consumo de electricidad, destaca el sector industrial seguido del sector de alimentos.

Para finalizar con análisis de este grupo, cabe recalcar que dos actividades individuales que superaron el 1% en las fuentes de emisión de GEI, son los plastificantes usados en la producción de telas vinílicas y el uso de fertilizantes en el sector agrícola. Dichas actividades son propias de una empresa o un sector y aun así su contribución supero a las emisiones que se generan a partir de las aguas residuales, residuos sólidos y las directas menores.

En el grupo de los servicios también se realizó una exclusión, debido a que las fuentes de emisión propias del sector eléctrico correspondían a un 89% de las emisiones de GEI del grupo como tal. Entre estas fuentes encontramos el metano de los embalses, los gases incondensables y la energía vendida para comercialización. Al igual que en el grupo de los productos se tomó la decisión de excluir este sector para así enfocar la atención a otras fuentes de emisión. En el siguiente cuadro se puede observar las principales fuentes de GEI del grupo de los servicios, con la exclusión del sector eléctrico.

Cuadro 5.22. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresas dedicadas a brindar servicios excluyendo a las empresas eléctricas

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Consumo de combustibles | 2.128,9 | 11,8% |
| 1 | Refrigerantes | 11.825,8 | 65,6% |
| 1 | Directas menores | 227,3 | 1,3% |
| 1 | Aguas residuales | 138,9 | 0,8% |
| 1 | Residuos solidos | 3,4 | 0,8% |
| 2 | Electricidad | 3.559,7 | 19,7% |
| 3 | Indirectas | 145,0 | 0,8% |
| Total | | 18.029,12 | 100% |

Como se observa en el cuadro 5.22, en el grupo de los servicios se encontró que la principal fuente de emisión de GEI fue el consumo de refrigerantes, seguido de la electricidad y por último el consumo de combustibles. En este caso en particular encontramos una empresa es la cual es la mayor contribuyente en estas tres fuentes de emisión de GEI, dicha empresa es la dueña de supermercados y tiendas de conveniencia. Esta empresa es responsable del 95% de los refrigerantes, de un 57% del consumo de electricidad y un 37% del consumo de combustibles reportados en el cuadro 5.22. Las actividades de procesamiento, distribución y venta de alimentos parecen tener un gran impacto en comparación a otras actividades, además de la gran cantidad de puntos de venta que esta empresa posee.

Ahora bien, para analizar mejor las fuentes de emisión de GEI se realizaron dos cuadros donde se unen los grupos de servicio y productos con y sin las exclusiones. Con el fin de observar las principales fuentes de emisión de las empresas que participan en el PPCN.

En el siguiente cuadro observamos las principales fuentes de emisión de GEI con exclusiones:

Cuadro 5.23. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero con exclusiones

| Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|-------------------------|------------------------|-------------------|
| Consumo de combustibles | 64.898,7 | 68,5% |
| Refrigerantes | 16.878,6 | 17,8% |
| Directas menores | 998,0 | 1,1% |
| Plastificantes | 2.085,6 | 2,2% |
| Fertilizantes | 1.107,6 | 1,2% |
| Aguas Residuales | 397,3 | 0,4% |
| Residuos Sólidos | 334,8 | 0,4% |
| Electricidad | 7.552,5 | 8,0% |
| Indirectas | 436,4 | 0,5% |
| Total | 94.689,4 | 100% |

En el cuadro 5.23 las principales fuentes de emisión de las empresas del PPCN, excluyendo los sectores cemento y eléctrico, son: el consumo de combustibles, los refrigerantes y la energía eléctrica. Pero al introducir en el análisis las empresas excluidas,

las fuentes emisión de GEI cambian drásticamente. En el siguiente cuadro podemos visualizar dicho cambio en los porcentajes de contribución de las fuentes.

Cuadro 5.24. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero sin exclusiones.

| Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|-------------------------|------------------------|-------------------|
| Descarbonatación | 665.053,7 | 43,3% |
| Consumo de Combustibles | 468.513,2 | 30,5% |
| Refrigerantes | 17.278,3 | 1,1% |
| Directas menores | 1.242,5 | 0,1% |
| Plastificantes | 2.085,6 | 0,1% |
| Fertilizantes | 1.107,6 | 0,1% |
| Metano de embalses | 112.402,4 | 7,3% |
| Gases Incondensables | 87.922,2 | 5,7% |
| Consumo del Alumbrado | 3.274,8 | 0,2% |
| Perdidas distribución | 13.397,0 | 0,9% |
| Aguas Residuales | 486,8 | 0,0% |
| Residuos Sólidos | 1.538,3 | 0,1% |
| Electricidad | 16.517,3 | 1,1% |
| Indirectas | 143.597,0 | 9,4% |
| Total | 1.534.416,47 | 100% |

Según el cuadro 5.24, la principal fuente de emisión GEI es el proceso de descarbonatación, esta fuente pertenece exclusivamente al sector cemento. En segundo lugar, encontramos el consumo de los combustibles, el cual tuvo un gran aumento en las toneladas de carbono reportadas, el aumento fue de 403.614,5 tCO₂, de dicho aumento en las toneladas de carbono el 86% corresponde al sector cemento. Es decir que el sector cemento es el mayor consumidor de combustibles fósiles en este análisis. En tercer lugar, encontramos las fuentes indirectas, este aumento corresponde de la energía eléctrica comercializada. En el cuarto y quinto lugar encontramos fuentes que provienen del sector como lo son: el metano generado en los embalses y los gases incondensables que provienen de la explotación de la energía geotérmica. En conclusión, se observó que el sector eléctrico y el sector del cemento

dominan las principales fuentes de emisiones de GEI. Es importante recalcar que dichas fuentes mencionadas y en algunos casos exclusivas de estos sectores, sobrepasan en grandes cantidades de toneladas de carbono a otras fuentes como: la electricidad y refrigerantes, las cuales son comúnmente utilizadas en todos los sectores analizados.

5.3 INDICADORES DE HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL

Para el desarrollo de los indicadores se necesitó de los inventarios de GEI y de la cuantificación de los productos o servicios, provenientes de las empresas pertenecientes al PPCN 2.0. Debido a que brindar las unidades de producto o servicios brindados no es un requisito para estar dentro del PPCN 2.0; encontramos varios casos de empresas que decidieron no compartir sus datos. Por lo cual solo las empresas que compartieron sus datos serán analizadas en este apartado.

A continuación, en el cuadro 5.25 y en el cuadro 5.26, se observa los indicadores de Huella de Carbono Organizacional, del grupo de los productos y del grupo de los servicios.

Cuadro 5.25. Indicadores de Huella de Carbono Organizacional para el grupo de productos.

| Producto | KgCO₂/Unidad | Unidad |
|-----------------------|--------------------------------|----------------|
| Galletas | 148,7 | Tonelada |
| Carne | 139,5 | Tonelada |
| Sabor/Fragancia | 97,2 | Tonelada |
| Banano | 1,0 | Caja |
| Pintura | 0,1 | Galón |
| Jugos/Puré | 82,6 | Tonelada |
| Arroz/Frijoles | 540,1 | Tonelada |
| Hidrocarburos | 7,7 | m ³ |
| Acero | 0,3 | Lamina o tubo |
| Café | 118,2 | Fanegas |
| Salsas Picantes | 1,5 | Caja |
| Productos de Limpieza | 263,1 | m ³ |
| Vinil | 10,5 | Metros |
| Cemento | 1 078,7 | Tonelada |

Cuadro 5.26: Indicadores de Huella de Carbono para el grupo de los servicios.

| Servicio | KgCO₂/Unidad | Unidad |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Venta y Mantenimiento de Vehículo | 74,0 | Vehículo |
| Informe | 70,2 | Informe |
| Transacciones | 1,0 | Transacción |
| Servicio Turístico | 106,7 | Transacción |
| Consultoría | 2 303,0 | Consultoría |
| Pólizas de seguro | 157,2 | Póliza |
| Tarjetas de crédito y debito | 121,8 | Tarjeta |
| Electricidad | 53,8 | MWh |

Como se observa en el cuadro 5.25 y en el cuadro 5.26 se calcularon 14 indicadores de distintos productos y 8 indicadores de distintos servicios, cada indicador representa a una empresa distinta. Solo en el caso del indicador del cemento y la electricidad se debió realizar un promedió la información de dos empresas distintas que producían el mismo bien. Dichos indicadores se plantean con una función comparativa entre empresas que produzcan servicios productos similares y que pertenezcan al PPCN 2.0. Dichos indicadores también se pueden utilizar como una referencia en empresas que hayan calculado su huella de carbono organizacional por otros medios, es importante que dichas empresas se encuentren verificadas, validadas y que cumplan con los puntos que se plantearan más adelante.

A continuación, se plantea las actividades y mejoras que serían necesarias para lograr aumentar el número y la calidad de los indicadores de huella de carbono organizacional en el PPCN 2.0. Para la elaboración de esta sección fue necesario el estudio de la categoría organizacional del PPCN 2.0 y del análisis de los inventarios de GEI del periodo 2019 elaborado por las empresas participantes.

Para la optimización y la creación de más indicadores se deben hacer modificaciones en el PPCN 2.0 Categoría organizacional ya que actualmente el programa no fomenta la creación de los indicadores y tiene limitantes importantes. Primeramente, se debe comenzar a solicitar la producción anual de bienes y servicios de cada una de las empresas junto con el

inventario de emisiones de GEI, ya que sin estos datos no es posible calcular los indicadores. Para facilitar la comparación y que haya más transparencia también se plantea que se vuelvan públicos los datos con la población en general o entre las empresas interesadas en comparar indicadores. Dicha información sería el inventario de GEI con sus respectivas fuentes de emisión, las cuales deben venir desglosadas y con su nombre correspondiente ya que se encontraron casos de empresas que no aclararon los tipos de combustibles utilizados en su inventario entre otros ejemplos.

Entre las medidas para mejorar los indicadores se observa la necesidad de incluir las emisiones de alcance 3 como un requisito dentro de los inventarios de GEI, ya que este alcance actualmente no es obligatorio según lo que establece el programa. Esto puede permitir que las empresas se libren de ciertas emisiones que contribuyan en gran manera a su huella de carbono organizacional como lo son los residuos sólidos, aguas residuales, la subcontratación de otra empresa para realizar actividades principales o complementarias entre otros. Además, que la contabilidad de estas emisiones permitiría identificar cuales son los sectores económicos que más contribuyen a estas fuentes. Actualmente en el caso de residuos sólidos, se podrá hacer un cálculo de todo lo que llega a los rellenos sanitarios, pero no se puede atribuir las emisiones a un sector específico de la industria, por ello la importancia que se reporten estas emisiones. Otro beneficio de incluir dichas emisiones es que las empresas comenzarían a tomar medidas de reducción, por lo cual se podría incentivar la gestión adecuada de los residuos, el reciclaje, y el ahorro del agua para así evitar la generación de emisiones de GEI provenientes de residuos sólidos y líquidos.

Por último, es necesario realizar una capacitación o una guía para que las empresas entreguen unidades que sean fáciles de comparar y que no sea necesario tener un conocimiento de la empresa para interpretarlas. Ya que algunas empresas entregaron datos donde mencionaban que vendieron cierto número de cajas o contenedores de su producto, pero no especifican la cantidad o la presentación en la que el producto se maneja por lo cual hace difícil interpretar y más aún comparar los datos, ya que aunque sean el mismo producto si la unidad es ambigua la comparación pierde su validez, debido a la poca claridad. Además de esta mejora en la unidad, se puede incluir una breve descripción del producto y de su proceso ya que mediante el uso responsable de esta información se podrían obtener mejores

conclusiones de la comparación de los indicadores y en que destaca una empresa por encima de otra.

5.4 ANÁLISIS DE LAS BRECHAS PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO PRODUCTO

A continuación, se analizarán las brechas que existen actualmente en las empresas pertenecientes al Programa País de Carbono Neutralidad, para calcular su Huella de Carbono Producto a partir de los conocimientos adquiridos durante el cálculo de Huella de Carbono Organizacional. Para este análisis se realizó una encuesta donde se midió el conocimiento de las empresas sobre su producto o servicio durante las diferentes etapas que atraviesa a lo largo de su ciclo de vida, las cuales son: extracción de materias primas, manufactura, embalaje, distribución, uso y disposición final. Esta encuesta se realizó con el fin de identificar cuáles son las etapas del ciclo de vida donde existe más conocimiento o desconocimiento por parte de las empresas.

Además, la información recolectada se analizó en cada uno de los diferentes subgrupos vistos en el primer apartado de estudio para así poder observar la tendencia en los diferentes sectores y en cuales hay una mayor brecha para el análisis de huella carbono producto. A continuación, en la figura 5.1, podemos observar los resultados obtenidos durante la encuesta en la etapa de extracción de materias primas.

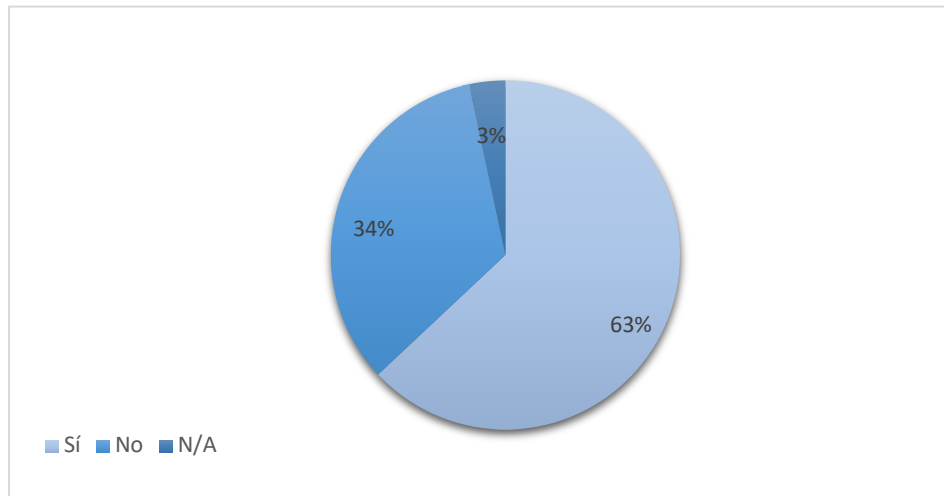


Figura 5.1. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la materia prima de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto.

Podemos observar en la figura 5.1, se obtuvo una respuesta en su mayoría positiva con respecto al conocimiento en distintos puntos en el ámbito de las materias primas. Las empresas contestaron que en su mayoría conocían el origen y el proceso para extraer las materias primas. Las empresas tienen un menor conocimiento de cuáles son las fuentes de energía que utilizan para la extracción y transporte de las materias primas. Es importante señalar que en su mayoría las empresas desconocen cuantos recursos como: agua, energía eléctrica, combustibles fósiles entre otros, son necesarios para la extracción de dichas materias.

Ahora bien, en la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos durante la encuesta en la etapa de manufactura del producto.

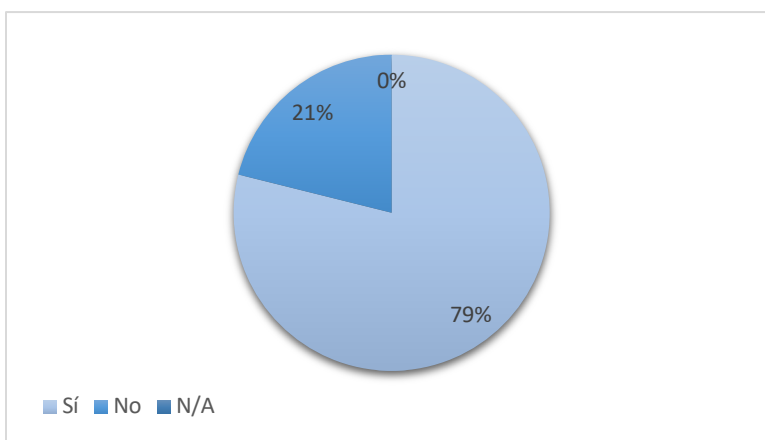


Figura 5.2. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de manufactura de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto

A partir de la figura 5.2, se observa que, en la etapa de manufactura, las empresas tienen un mejor dominio de los conocimientos. Una de las razones por las cuales las empresas tienen mayor conocimiento de este proceso es por el control que tienen sobre el mismo, ya que poseen accesibilidad a sus datos, los cuales en parte ya fueron cuantificados durante el proceso de cálculo de la Huella de Carbono organizacional.

En el siguiente gráfico, se observan los resultados obtenidos durante la encuesta en la etapa de embalaje del producto.

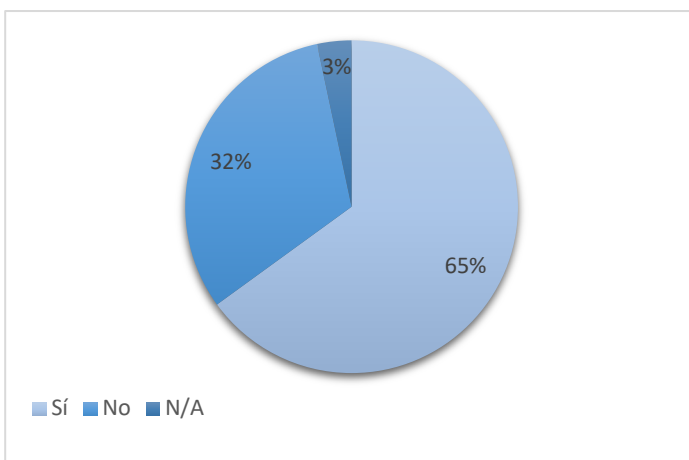


Figura 5.3. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de embalaje de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto.

La etapa de embalaje al igual que la etapa de manufactura tiene la cualidad de que ocurre dentro de los límites organizacionales de las empresas, por lo que son 2 etapas de

amplio conocimiento dentro de las mismas. El embalaje corresponde a todos aquellos materiales que se usan para transportar y mantener el producto seguro y óptimas condiciones, las empresas conocen muy bien las cualidades en los materiales utilizados en el embalaje. Pero durante este análisis, se encontró que un 32% las empresas no conocen el paradero del embalaje una vez que es utilizado y el impacto que se genera antes, durante y después de su uso.

Seguidamente se observa en la figura número 5.4, los resultados obtenidos durante la encuesta en la etapa de distribución del producto

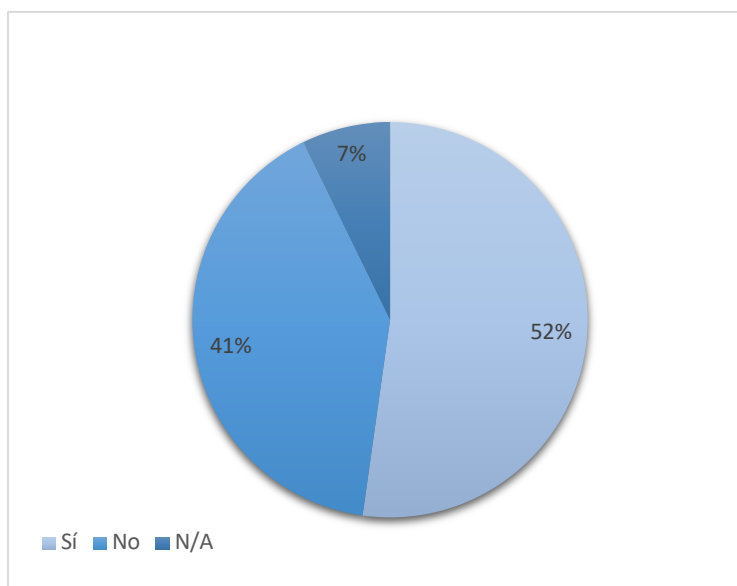


Figura 5.4. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de distribución de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto

A partir de la figura 5.4, sobre la etapa de distribución, se puede observar una tendencia en las empresas a conocer menos sobre los impactos ambientales que ocasiona su producto, desde el punto de vista de Huella de Carbono. Además, aumenta el porcentaje de respuestas N/A (no aplica). El aumento de respuestas N/A en estos casos provienen de las empresas de servicios, ya que estos no necesitan ser distribuidos, ya que los brindan en sus propios espacios como: locales, oficinas entre otros.

En la siguiente figura se observan los resultados obtenidos durante la encuesta sobre la etapa de uso del producto.

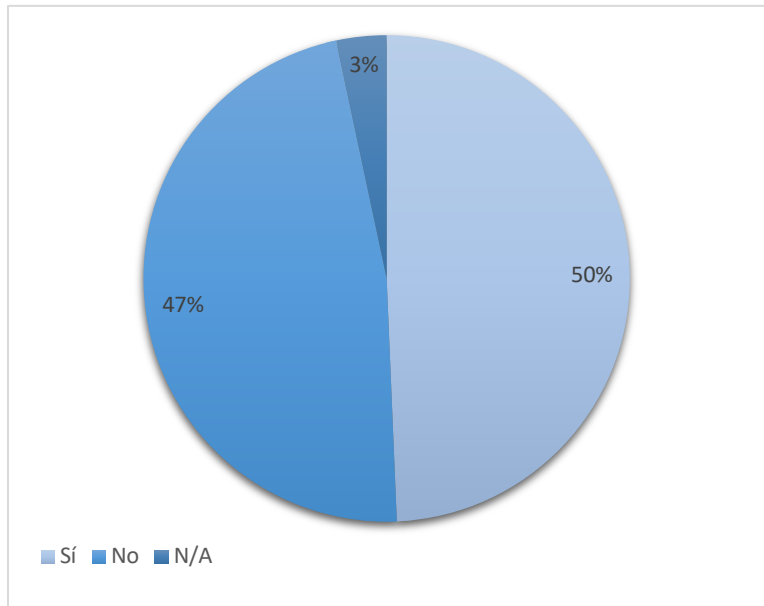


Figura 5.5. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de uso de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto.

Como se observa en la figura 5.5, hay una disminución en las respuestas positivas si las comparamos con los gráficos, esto no solo se debe a la falta de datos en las empresas sobre esta etapa, sino que también al desconocimiento en análisis de ciclo de vida. Algunas de las preguntas que se contestaron en forma negativa fueron acerca del uso de agua y energía en sus productos durante esta etapa del ciclo de vida. Las empresas respondieron que no utilizaban los recursos, pero en la realidad estas si los utilizan. Por ejemplo en casos como: prendas de vestir, alimentos y otros, se deben llevar procesos de lavado, secado y cocción los cuales implican un consumo de recursos que las empresas desconocen.

A continuación, en la figura 5. 6, se observan los resultados obtenidos durante la encuesta en la etapa de disposición final del producto.

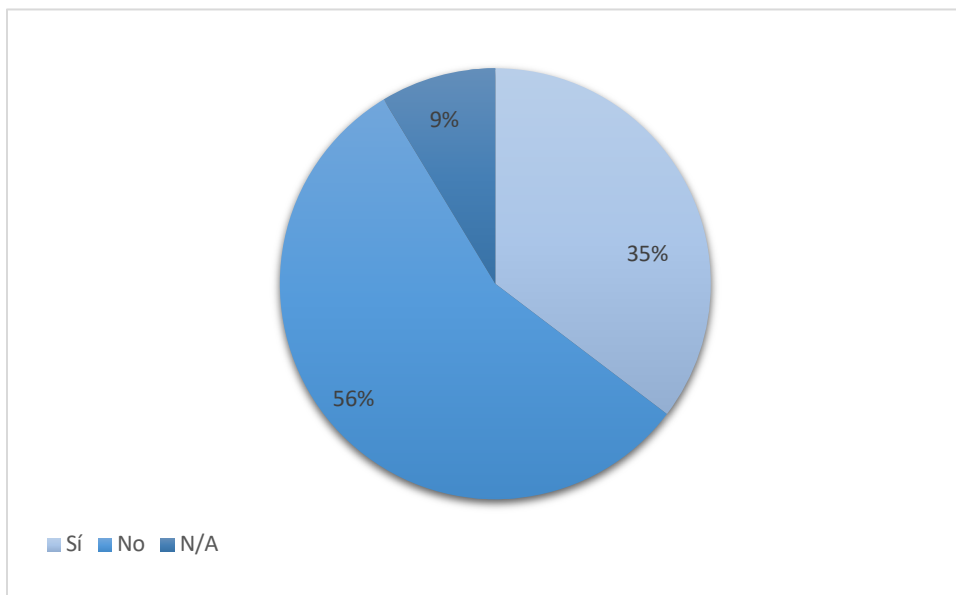


Figura 5.6. Porcentajes de empresas que tienen conocimiento sobre la etapa de disposición final de sus productos para el cálculo de la Huella de Carbono Producto.

En la figura 5.6 se observa como en la última etapa del ciclo de vida destacan las respuestas negativas. Las empresas contestaron en su mayoría que sus productos no eran reciclables, estas repuestas posiblemente hacían referencia al producto en sí y no a su empaque. Además, se logró identificar una gran cantidad de productos de un solo uso, por lo que después de ser utilizados una sola vez pasarían a ser reciclados, compostados, vertidos en rellenos sanitarios, o bien terminarían siendo desechados de una manera incorrecta. Es importante recalcar que la mayoría de las empresas desconocen la manera en la que se dispone su producto, por lo cual se desconoce el impacto ambiental del mismo durante esta etapa.

En la figura siguiente se observan los resultados generales obtenidos durante la encuesta a lo largo del ciclo de vida.

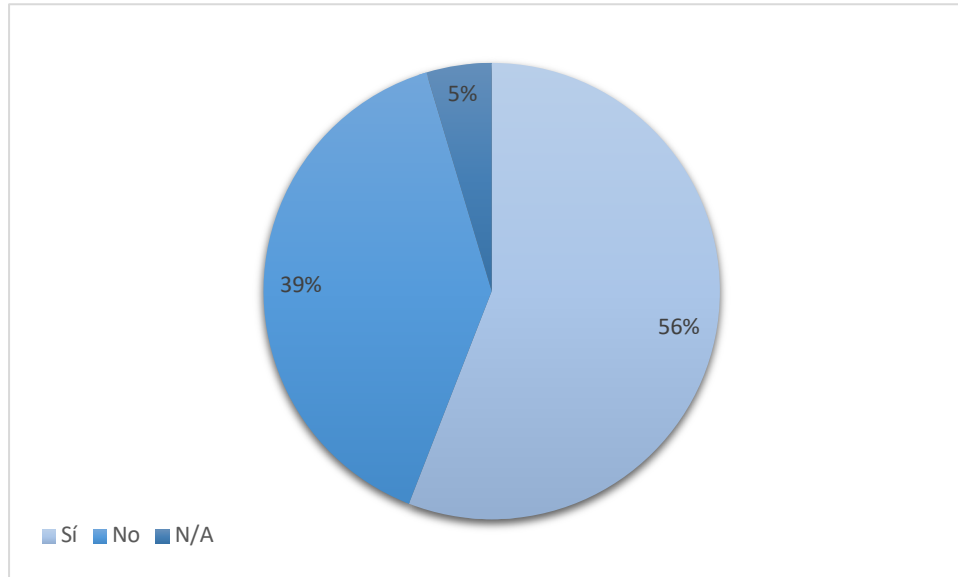


Figura 5.7. Porcentaje de empresas que tienen conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto

En la figura número 5.7, un 56% de las empresas contestaron de manera positiva, es decir que en general poseen información sobre las etapas de ciclo de vida o bien tienen la capacidad de conseguirla, para así realizar el cálculo de la Huella de Carbono Producto. Como se sabe la Huella de Carbono Producto puede tener diferentes límites como: de la cuna hasta la tumba, cuna hasta la puerta, de puerta a puerta y de la puerta hasta la tumba. Por lo cual los datos obtenidos indican que actualmente las empresas se encuentran más preparadas para un análisis de puerta a puerta y se podría considerar extenderlo para así incluir la extracción de materias primas, es decir un análisis de la cuna hasta la puerta. Es importante mencionar que en las empresas analizadas se observa un gran desconocimiento para incluir las etapas posteriores en el análisis de Huella de Carbono Producto. Para incluir las etapas faltantes se debería realizar un mayor esfuerzo de parte de las empresas para obtener los datos necesarios para el estudio.

Es importante destacar el grupo de los productos sobre el de los servicios, como se observa en los resultados de la encuesta, que podemos encontrar en el apéndice 1, las

empresas de productos obtuvieron una mayor aprobación en comparación a las empresas de servicios. Esto quiere decir que las empresas dedicadas a la fabricación de productos se les facilitarían realizar el cálculo de huella carbono producto si las comparamos con empresas de servicios. Ya que es más sencillo para una empresa de productos definir la unidad funcional y cuantificar los diferentes parámetros necesarios para dicho análisis. No obstante, esta brecha no significa que las empresas que brindan servicios tengan que realizar un mayor esfuerzo para obtener sus datos y definir su unidad funcional, sino que deben usar un planteamiento que se adecue a la realidad de cada empresa para cuantificar el impacto ambiental de los servicios brindados.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El consumo de combustibles, los refrigerantes y la electricidad son de las principales fuentes de emisión de GEI en la mayoría de las empresas analizadas.
- Se deben realizar cambios en el PPCN 2.0 categoría organizacional para así lograr promover y mejorar indicadores de huella de carbono organizacional.
- Las principales brechas para la obtención de datos para el cálculo de Huella de Carbono Producto se encontraron en las etapas de distribución, uso y disposición final.
- El sector cemento es el principal responsable de las emisiones de GEI liberadas durante este estudio ya que contribuye aproximadamente con el 73% de las emisiones totales.
- El consumo de combustibles fósiles es la segunda fuente más importante de emisiones de GEI, solamente superado por la descarbonación en el proceso del cemento.
- Los combustibles fósiles más utilizados por las empresas durante este análisis fueron el bunker y el GLP, los cuales principalmente alimentan hornos y calderas.
- La descarbonación, el metano de los embalses y los gases incondensables son actividades únicas de los sectores cemento y electricidad respectivamente que destacan como unas de las principales fuentes de emisiones de GEI en este estudio.
- Con las exclusiones en el grupo de los productos la mayor fuente de emisión de GEI es el consumo de combustibles mientras que en el grupo de los servicios destacan los refrigerantes.
- La matriz energética de Costa Rica juega un papel importante en reducir las emisiones de GEI de las empresas productoras y de servicios, por lo tanto es importante que las empresas reporten el tipo de electricidad que utilizan.
- Las empresas analizadas poseen una mayor facilidad para recolectar y calcular datos en las etapas de extracción de materias primas y manufactura en comparación a las demás etapas del ciclo de vida. Por lo cual una Huella de Carbono con límites de puerta a puerta o de la cuna hasta la puerta son más factibles.
- Las empresas que brindan servicios poseen una mayor brecha de acceso a datos para el cálculo de su Huella de Carbono Producto en comparación a las empresas productoras.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para un adecuado cálculo de los indicadores se deben usar unidades bien definidas las cuales sean fáciles de cuantificar y comparar entre sí.
- Realizar una capacitación o una guía para las empresas para que así las empresas entreguen información de mejor calidad para la realización y comparación de los indicadores.
- Fijar como meta la reducción o sustitución de consumo de combustibles fósiles, refrigerantes y electricidad para así mejorar el desempeño ambiental de las empresas y el país.
- Solicitar a las empresas pertenecientes al PPCN sus reportes de unidades producidas y vendidas para así poder estimar indicadores anualmente, así como la especificación del tipo de electricidad que utilizan.
- Desglosar de ser posible el consumo de los combustibles y refrigerantes por tipo de sustancia en los inventarios de GEI para así cuantificar cada tipo por separado.
- Realizar estudios más específicos para las empresas y así obtener un cálculo más cercano a la realidad para los indicadores ambientales.
- Realizar encuestas personalizadas según si es una empresa de producción o de servicios ya que se podrían analizar las brechas de datos de una manera adecuada.
- Incluir las emisiones de alcance 3 dentro los inventarios de huella de carbono organizacional, debido a que pueden representar emisiones importantes que no se están cuantificando y mejoraría la calidad de los indicadores.

7 REFERENCIAS

- Álvarez Gallego, Sergio. 2017. *La Huella de Carbono y El Análisis de Ciclo de Vida*. 5th ed. Madrid: AENOR.
- Álvarez Gallego, Sergio, Agustín Rubio Sánchez, Ana Rodríguez Olalla, Carmen Avilés Palacios, and Manuel López Quero. 2015. *Conceptos Básicos de La Huella de Carbono*. 1st ed. Madrid: AENOR.
- Ambienteitalia. 2013. “Calcolo Della Carbon Footprint Della Passata Di Pomodoro Pomì L+ “programma Nazionale per La Valutazione Dell’impronta Ambiental.”
- Anon. n.d. “OPENLCA Nexus.” Retrieved (<https://nexus.openlca.org/databases>).
- Arunrat, Noppol, and Nathsuda Pumijumnong. 2017. “Practices for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Rice Production in Northeast Thailand.” *Agriculture (Switzerland)* 7(1):1–20. doi: 10.3390/agriculture7010004.
- Baldwin, Stephanie. 2006. “Carbon Footprint of Electricity Generation (POSTnote 268).” *Parliamentary Office of Science Technology*.
- Balkenhol, Marco, Alejandro Castillo, Michael Soto, Matías Feijoo, and Waldo Merino. 2018. “Huella de Carbono En El Hospital Base de Puerto Montt.” *Revista Médica de Chile* 146(12):1384–89. doi: 10.4067/s0034-98872018001201384.
- BBC. 2016. “La Inmensa Fuente de Contaminación de La Que No Nos Habíamos Dado Cuenta Hasta Ahora.” Retrieved (<https://www.bbc.com/mundo/noticias-37549665#:~:text=En el caso de los,que el dióxido de carbono.&text=Y del total de gases,%2C el 80%25 es metano.>).
- Bekkelund, Kristine. 2013. “A Comparative Life Cycle Assessment of PV Solar Systems.” Norwegian University of Science and Technology.
- Blengini, Gian Andrea, and Mirko Busto. 2009. “The Life Cycle of Rice: LCA of Alternative Agri-Food Chain Management Systems in Vercelli (Italy).” *Journal of Environmental Management* 90(3):1512–22. doi: 10.1016/j.jenvman.2008.10.006.
- Bolaños Mejía, Ligia Elena. 2017. “Sistema Para La Gestión de Los Gases de Efecto Invernadero En El Banco Central de Costa Rica.” Tecnológico de Costa Rica.
- Cai, Bofeng, Jinnan Wang, Jie He, and Yong Geng. 2016. “Evaluating CO2 Emission Performance in China’s Cement Industry: An Enterprise Perspective.” *Applied Energy* 166:191–200. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.11.006.

- Carina, Andrea, Albornoz Osorio Escuela, Agrícola Panamericana, and Zamorano Honduras. 2017. “Huella de Carbono Del Café (Coffea Arabica) En Empresa Asociativa Campesina Aruco En Copán, Honduras Para El Año 2016-2017.” *Asociativa Campesina Aruco En Copán* 2016–17.
- Castaño González, María Vcitoria, and Edgar Guillermo Rodríguez Guevara. 2013. “Estimación de La Huella de Carbono Corporativa En La Industria de Alimentos de Consumo Masivo Colombiano. Aplicación En La Producción de Jugo de Fruta.” Universidad ICESI.
- Chomkamsri, Kirana, Marc-Andree Wolf, and Rana Pant. 2011. “International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: Review Schemes for Life Cycle Assessment.” in *Towards Life Cycle Sustainability Management*.
- DCC. n.d. “Programa País Carbono Neutralidad.” Retrieved (<https://cambioclimatico.go.cr/metas/descarbonizacion/>).
- Demarty, M., and J. Bastien. 2011. “GHG Emissions from Hydroelectric Reservoirs in Tropical and Equatorial Regions: Review of 20 Years of CH4 Emission Measurements.” *Energy Policy*. doi: 10.1016/j.enpol.2011.04.033.
- Ecoinvent. 2014. “Ecoinvent Database.” Retrieved (www.ecoinvent.ch).
- Écopratique, La droguerie. n.d. “Carbon Footprint.” Retrieved (<https://la-droguerie-eco.com/en/carbon-footprint/>).
- Espíndola, César, and José O. Valderrama. 2012. “Huella Del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas.” *Informacion Tecnologica* 23(1):163–76. doi: 10.4067/S0718-07642012000100017.
- Fantozzi, F., P. Bartocci, B. D’Alessandro, F. Testarmata, and P. Fantozzi. 2015. “Carbon Footprint of Truffle Sauce in Central Italy by Direct Measurement of Energy Consumption of Different Olive Harvesting Techniques.” *Journal of Cleaner Production* 87(1):188–96. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.09.055.
- Feiz, Roozbeh, Jonas Ammenberg, Leenard Baas, Mats Eklund, Anton Helgstrand, and Richard Marshall. 2015. “Improving the CO2 Performance of Cement, Part II: Framework for Assessing CO2 Improvement Measures in the Cement Industry.” *Journal of Cleaner Production* 98:282–91. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.01.103.
- Francke, I. C. M., and J. F. W. Castro. 2013. “Carbon and Water Footprint Analysis of a Soap

- Bar Produced in Brazil by Natura Cosmetics.” *Water Resources and Industry* 1–2:37–48. doi: 10.1016/j.wri.2013.03.003.
- Fritz, M., U. Rickert, G. Schiefer, Thomas Spreen, Puneet Dwivedi, and Renée Goodrich-schneider. 2010. “System Dynamics and Innovation in Food Networks 2010 Estimating the Carbon Footprint of Florida Orange Juice.” 2.
- Gómez Jiménez, David, and Jorge Sanz Oliva. 2019. “La Política Energética En Estados Unidos En La Actualidad.” *Boletín Económico de ICE* (3110). doi: 10.32796/bice.2019.3110.6790.
- Hertwich, Edgar G., and Glen P. Peters. 2009. “Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis.” *Environmental Science and Technology*. doi: 10.1021/es803496a.
- Hidalgo Carballo, Diego, and Magie Rodríguez Esquivel. 2018. “Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero En El Transporte Público: Análisis Del Marco Jurídico Costarricense y Las Obligaciones Internacionales de La Administración Pública.” Universidad de Costa Rica.
- ICE. 2015. “Costa Rica: Matriz Eléctrica. Un Modelo Sostenible, Único En El Mundo.” *Ice* 40.
- IFF. 2018. “International Flavors & Fragrances Inc . - Climate Change 2018.” 1:1–90.
- Ihobe S.A. 2009. *Análisis De Ciclo De Vida Y Huella De Carbono. Dos Maneras De Impedir El Impacto Ambiental De Un Producto.*
- INE. 2019. “España En Cifras 2019.”
- INTECO. 2015. *Gases de Efecto Invernadero. Huella de Carbono de Productos. Requisitos y Directrices Para Cuantificación y Comunicación.* Costa Rica.
- International Organization for Standardization. 2006. “Environmental Management — Life Cycle Assessment — Principles and Framework.” *Iso 14040-2006*. doi: 10.1136/bmj.332.7550.1107.
- Iriarte, Alfredo, Maria Gabriela Almeida, and Pablo Villalobos. 2014. “Carbon Footprint of Premium Quality Export Bananas: Case Study in Ecuador, the World’s Largest Exporter.” *Science of the Total Environment* 472:1082–88. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.072.
- Jaiswal, Bhavna, and Madhoolika Agrawal. 2020. “Carbon Footprints of Agriculture Sector.”

81–99. doi: 10.1007/978-981-13-7916-1_4.

Jiménez Herrero, Luis, and José Luis De la Cruz Leiva. n.d. *Enfoques Metodológicos Para El Cálculo de La Huella de Carbono*. 1st ed. Gijón: Observatorio de la Sostenibilidad en España.

Kawamoto, Ryuji, Hideo Mochizuki, Yoshihisa Moriguchi, Takahiro Nakano, Masayuki Motohashi, Yuji Sakai, and Atsushi Inaba. 2019. “Estimation of CO2 Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA.” *Sustainability (Switzerland)* 11(9). doi: 10.3390/su11092690.

Kougoulis, Jiannis S., Renata Kaps, Ben Walsh, Katherine Bojczuk, and Trevor Crichton. 2015. “Revision of EU European Ecolabel and Development of EU Green Public Procurement Criteria for Indoor and Outdoor Paints and Varnishes.” *PhD Proposal* 1(June 2012):1–18.

De La Torre, Augusto, Pablo Fajnzylber, and Nash John. 2009. *Desarrollo Con Menos Carbono: Respuestas Latinoamericanas Al Desafío Del Cambio Climático*. 1st ed. Washington DC: Banco Mundial.

Li, Siyue, and Quanfa Zhang. 2014. “Carbon Emission from Global Hydroelectric Reservoirs Revisited.” *Environmental Science and Pollution Research* 21(23):13636–41. doi: 10.1007/s11356-014-3165-4.

Lukić, Radojko, Srđan Lalić, Azra Sućeska, Aida Hanić, and Milica Bugarčić. 2018. “Carbon Dioxide Emissions in Retail Food.” *Ekonomika Poljoprivrede*. doi: 10.5937/ekopolj18028591.

Malmström, Johan, Christer Slotte, Erik Adolfsson, Ola Norderyd, and Peter Thomsen. 2012. “Estructura y Caracterización de Los Recubrimientos Galvanizados.” 2(5):368–78.

Mercado Leigue, Veronica, and Diana Rodríguez Jiménez. 2015. “Cálculo de Huella de Carbono de Productos Terminados En Yacimientos Petroliferos Fiscales Bolivianos.” Escuela de Organización Industrial.

MINAE. n.d. “Dirección de Cambio Climático.” Retrieved (<https://cambioclimatico.go.cr/estructura/dcc/#historia>).

MINAE, IMN, GEF, and PNUD. 2012. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono*. Costa Rica.

MINAET. 2019. *Reforma Reglamento Orgánico Del Ministerio de Ambiente, Energía y*

- Telecomunicaciones*. Costa Rica: Sistema Costarricense de Información Jurídica.
- National Grid US. 2010. "Managing Energy Costs in Office Buildings." *E Source Companies LLC*.
- Oktyabrskiy, Valery P. 2016. "A New Opinion of the Greenhouse Effect." *St. Petersburg Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics*. doi: 10.1016/j.spjpm.2016.05.008.
- Pandey, Divya, Madhoolika Agrawal, and Jai Shanker Pandey. 2011. "Carbon Footprint: Current Methods of Estimation." *Environmental Monitoring and Assessment*. doi: 10.1007/s10661-010-1678-y.
- PE International. 2014. "GaBi LCA Databases." Retrieved (<http://www.gabi-software.com/databases/gabi-databases>).
- Pedreño Manresa, Alberto. 2015. "Desarrollo de Una Aplicación Para El Cálculo de La Huella de Carbono En Proyectos de Construcción."
- Peters, G., M. Svanström, S. Roos, G. Sandin, and B. Zamani. 2015. "Carbon Footprints in the Textile Industry." *Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing* 3–30. doi: 10.1016/B978-0-08-100169-1.00001-0.
- Pihkola, Hanna, Minna Nors, Marjukka Kujanpää, Tuomas Helin, Merja Kariniemi, Tiina Pajula, Helena Dahlbo, and Sirkka Koskela Syke. 2010. *Carbon Footprint and Environmental Impacts of Print Products from Cradle to Grave: Results from the LEADER Project (Part 1)*.
- Plassmann, K., A. Norton, N. Attarzadeh, M. P. Jensen, P. Brenton, and G. Edwards-Jones. 2010. "Methodological Complexities of Product Carbon Footprinting: A Sensitivity Analysis of Key Variables in a Developing Country Context." *Environmental Science and Policy*. doi: 10.1016/j.envsci.2010.03.013.
- Radwan, Hanafi A. 2013. "Carbon Footprint for Paddy Rice Production in Egypt." 11(12):36–45.
- Rana, Soheli, Subramani Pichandi, Shabaridharan Moorthy, and Amitava Bhattacharyya. 2015. "Sustainable UV-Protective Apparel Textile." Pp. 128–55 in *Handbook of Sustainable Apparel Production*.
- Roberto Schroeder, Luís Kluwe Aguiar, and Richard Baines. 2012. "Carbon Footprint in Meat Production and Supply Chains." *Journal of Food Science and Engineering*

- 2(11):652–65. doi: 10.17265/2159-5828/2012.11.005.
- Saif, Samia, Anum Feroz, M. Asif Khan, Sana Akhtar, and Asim Mehmood. 2015. “Calculation and Estimation of the Carbon Footprint of Paint Industry.” *Nature Environment and Pollution Technology* 14(3):633–38.
- Salas, G., and C. Condorhuaman. 2014. “Huella De Carbono En La Industria Textil.” *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 12(2):25–28.
- Sánchez Calderón, Sofía Daniela. 2012. “Cuantificación de Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Del Plantel El Alto En “Cuantificación de Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Del.”
- Sebastián, Juan, and Jiménez Rojas. 2012. *Diseño de Productos Con Telas Vinilicas Mediante Las Reutilizacion de Material de Desecho de Troquelados En La Ciudad de Bogota.*
- Segura, Milena A., and Hernán J. Andrade. 2012. “Huella de Carbono En Cadenas Productivas de Café (Coffea Arabica L.) Con Diferentes Estándares de Certificación En Costa Rica.” *Luna Azul* (35):60–77. doi: 10.17151/luaz.2012.35.5.
- Sirotiuk, P. V., and E. F. Viglizzo. 2013. “Estiación de La Huella de Carbono Del Proceso de Panificación En La Cadena Agroindustrial Del Trigo.” *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 39(3):281–89.
- Soler, José. 2019. “Estimación de La Huella de Carbono En El Ciclo de Vida de La Carne de Cerdo Blanco En España.”
- Sumper, Andreas, Mercedes Robledo-García, Roberto Villafáfila-Robles, Joan Bergas-Jané, and Juan Andrés-Peiró. 2011. “Life-Cycle Assessment of a Photovoltaic System in Catalonia (Spain).” *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*
- Svanes, Erik, and Anna K.S. Aronsson. 2013. “Carbon Footprint of a Cavendish Banana Supply Chain.” *International Journal of Life Cycle Assessment* 18(8):1450–64. doi: 10.1007/s11367-013-0602-4.
- Svanes, Erik, and Anna K S Aronsson. 2013. “Carbon Footprint of a Cavendish Banana Supply Chain.” *International Journal of Life Cycle Assessment.* doi: 10.1007/s11367-013-0602-4.
- The International Standards Organisation. 2006. “ISO 14044 -- Environmental Management — Life Cycle Assessment — Requirements and Guidelines.” *ISO 14044.*

- Vallejos Esquivel, Luis Alonso. 2016. “Inventario de Gases de Efecto Invernadero Del Centro de Servicio de Recursos Geotérmicos, Guanacaste.” Tecnológico de Costa Rica.
- Vásquez Granados, Alberto. 2016. ““Trazabilidad de La Varilla de Acero Para Construcción #3 Como Base Para La Elaboración de La Declaratoria Ambiental Del Producto En ArcelorMittal Costa Rica.” Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Wolf, Marc Andree. 2014. *National LCA Databases Status and Ways towards Interoperability*. Berlin: Maki Consulting.
- Wolfram, Paul, Thomas Wiedmann, and Mark Diesendorf. 2016. “Carbon Footprint Scenarios for Renewable Electricity in Australia.” *Journal of Cleaner Production* 124:236–45. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.02.080.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), and World Resources Institute (WRI). 2004. “Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard - Revised Edition.” *Greenhouse Gas Protocol*.
- Zárate, Diego, and Remigio Ramírez. 2016. “Matriz Energética de Costa Rica - Renovabilidad de Las Fuentes y Reversibilidad de Los Usos de Energía.” *Friedrich Ebert Stiftung* 4:28. Retrieved (<http://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12979.pdf>).

APÉNDICES

8 APÉNDICE 1: ENCUESTA APLICADA A LAS EMPRESAS

Diagnostico de las brechas existentes en la empresa para pasar de Huella de Carbono Organizacional a Huella de Carbono Producto

A continuación se presenta un formulario de selección múltiple para evaluar cuales son las brechas o desafíos que presenta su organización para realizar el cálculo de la Huella Carbono de su Producto.

*Obligatorio

1. Nombre del Representante *

2. Correo electrónico *

3. Empresa Pertenciente *

4. Producto *

Materia Prima

5. ¿Conoce el lugar de procedencia de la materia prima que utiliza en su producto?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

6. ¿Conoce el procedimiento que se realiza para producir la materia prima de su producto?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

7. ¿Conoce que tipos de energía se utilizan para la producción de materia prima?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

8. ¿Conoce cuanta agua, energía y tiempo se lleva en producir la materia prima?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

9. ¿Conoce en que tipo de embalaje se transporta la materia prima hasta su empresa?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

10. ¿Conoce en que medios de transporte se transporta materia prima de su lugar de origen hasta su empresa?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

11. ¿Conoce la distancia que recorre la materia prima de su lugar de origen hasta su empresa?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

12. ¿Conoce el tipo y la cantidad que combustible que se consume para transportar la materia prima de su lugar de origen hasta su empresa?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

13. ¿Conoce la cantidad de materia prima que usted consume para producir una unidad de su producto?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

14. ¿Conoce la cantidad de materia prima que usted consume para producir su producto anualmente?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

Manufactura

15. ¿Conoce la cantidad de energía, agua y tiempo que toma producir su producto?

Marca solo un óvalo.

- Si
 No

16. ¿Conoce el mantenimiento que se le da las máquinas que utiliza para producir su producto?

Marca solo un óvalo.

- Si
 No

17. ¿Conoce cada cuanto debe cambiar la maquinaria de su empresa, porque esta obsoleta o en mal estado?

Marca solo un óvalo.

- Si
 No

Embalaje

18. ¿Conoce que tipo de material se usa para embalar su producto?

Marca solo un óvalo.

- Si
 No

19. ¿Conoce que pasa con el embalaje una vez entregado el producto?

Marca solo un óvalo.

- Si
 No

Distribución

20. ¿Conoce en cuantos puntos de venta se distribuye su producto?

Marca solo un óvalo.

- Si
 No

21. ¿Conoce la distancia promedio que recorre su producto para llegar al punto de venta?

Marca solo un óvalo.

Si

No

22. ¿Conoce el medio de transporte en el que se distribuye su producto y el tipo de combustible que consume durante su distribución?

Marca solo un óvalo.

Si

No

23. ¿Conoce la cantidad de combustible que se consume durante la distribución de su producto?

Marca solo un óvalo.

Si

No

24. ¿Su producto consume energía en el periodo de tiempo en el que esta en el punto de venta?

Marca solo un óvalo.

Si

No

25. ¿Conoce cuanta energía consume su producto en el periodo de tiempo en el que esta en el punto de venta?

Marca solo un óvalo.

Si

No

Uso

26. ¿Su producto es de un solo uso?

Marca solo un óvalo.

Si

No

27. ¿Su producto consume energía durante su vida útil?

Marca solo un óvalo.

Si

No

28. ¿Su producto consume agua durante su vida útil?

Marca solo un óvalo.

Si

No

29. ¿Su producto ocupa mantenimiento durante su vida útil?

Marca solo un óvalo.

Si

No

30. ¿Conoce la vida útil promedio de su producto?

Marca solo un óvalo.

Si

No

Disposición Final

31. ¿Su producto es reciclable?

Marca solo un óvalo.

Si

No

32. ¿Conoce el porcentaje de su producto que se recicla?

Marca solo un óvalo.

Si

No

33. ¿Conoce el porcentaje de su producto que acaba en rellenos sanitarios?

Marca solo un óvalo.

Si

No

34. ¿Conoce si a su producto se le puede dar otro uso cuando acabe su vida útil?

Marca solo un óvalo.

Si

No

35. ¿Conoce el porcentaje de su producto al que se le da otro uso al acabar su vida útil?

Marca solo un óvalo.

Si

No

Comentarios

En esta sección puede comentarnos que piensa de la encuesta realizada y que otras inquietudes puede tener relacionado al tema de Huella de Carbono Producto

36. Comentarios

Diagnostico de las brechas existentes en la empresa para pasar de Huella de Carbono Organizacional a Huella de Carbono Producto Parte 2

*Obligatorio

1. Nombre del Representante *

2. Empresa perteneciente *

3. Unidades de producto producidas anualmente en el periodo de su Inventario Carbono 2019 (Recordar definir la Unidades) *

4. Unidades de CO2 producidas durante el periodo del Inventario 2019 *

9 APÉNDICE 2: CUADROS DE INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Cuadro A.2.1: Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|--|------------------------|-------------------|
| 1 | Flotilla Vehicular | 1.573,35 | 1% |
| 1 | Combustible en otros activos | 132,11 | 0% |
| 1 | Acetileno | 1,18 | 0% |
| 1 | Aires acondicionados y des humificadores | 82,97 | 0% |
| 1 | Aire acondicionado flotilla | 66,34 | 0% |
| 1 | Extintores | 0,56 | 0% |
| 1 | Metanos | 750,02 | 0% |
| 1 | Aguas Residuales Ordinarias | 40,35 | 0% |
| 1 | Fugas de gas SF ₆ | 101,58 | 0% |
| 1 | Aceite dieléctrico (incendio) | 17,69 | 0% |
| 1 | Oxidación durante el uso de lubricantes | 4,34 | 0% |
| 1 | Consumo de fertilizantes nitrogenados | 0,05 | 0% |
| 1 | Incendio en área de cobertura vegetal | 0 | 0% |
| 1 | Compost | 1,46 | 0% |
| 2 | Consumo de energía eléctrica | 142,91 | 0% |
| 2 | Pérdida de energía en distribución | 6.733,32 | 4% |
| 2 | Consumo energía en alumbrado público | 3.274,81 | 2% |
| 3 | Perdida de energía en distribución | 6.663,65 | 4% |
| 3 | Energía vendida por comercialización | 135.922,88 | 87% |
| 3 | Generación de residuos sólidos ordinarios | 766,47 | 0% |
| 3 | AR Ordinarias | 29,07 | 0% |
| Total | | 156.305,10 | 100% |

producción Eléctrica 1.

Cuadro A.2.2: Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la producción Eléctrica 2.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|---|------------------------|-------------------|
| 1 | Consumo de combustibles transporte | 288,06 | 0% |
| 1 | Consumo de combustible equipo mayor y menor | 15,51 | 0% |
| 1 | Aceites y lubricantes | 27,431 | 0% |
| 1 | Aerosoles | 0,391 | 0% |
| 1 | Consumo de gases | 0,279 | 0% |
| 1 | Consumo de gases de CO ₂ | 1,55 | 0% |
| 1 | Consumo de gases refrigerantes | 148,82 | 0% |
| 1 | Aguas residuales Ordinarias | 20,07 | 0% |
| 1 | Gases incondensables | 87.922,18 | 44% |
| 1 | Metano de embalses | 111.652,3 | 56% |
| 2 | Electricidad | 30,66 | 0% |
| 3 | Manejo de residuos de limpieza de rejillas | 436,99 | 0% |
| Total | | 200.544,3 | 100% |

Cuadro A.2.3: Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la venta de vehículos 1.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|--------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Gasolina Vehículos | 21,36 | 21,89% |
| 1 | Diésel Vehículos | 33,94 | 34,77% |
| 1 | R410A | 1,17 | 1,20% |
| 1 | R422D | 3,7 | 3,79% |
| 2 | Electricidad | 37,43 | 38,35% |
| Total | | 97,6 | 100% |

Cuadro A.2.4. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a la venta de vehículos 2.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Aires Acondicionados | 27,39 | 5% |
| 1 | Aires Acondicionados | 17,61 | 3% |
| 1 | Aceite | 0,42 | 0% |
| 1 | Aceite | 0,03 | 0% |
| 1 | Aerosoles | 0,00 | 0% |
| 1 | Aerosoles | 0,01 | 0% |
| 1 | Aerosoles | 0,10 | 0% |
| 1 | Diésel para vehículos | 282,49 | 49% |
| 1 | Gasolina para vehículos | 115,61 | 20% |
| 1 | Diésel Motores fijos | 9,08 | 2% |
| 1 | Tanques Sépticos | 0,11 | 0% |
| 1 | Tanques Sépticos | 0,28 | 0% |
| 1 | Tanques Sépticos | 0,01 | 0% |
| 1 | Tanques Sépticos | 0,03 | 0% |
| 1 | Tanques Sépticos | 1,83 | 0% |
| 1 | Planta de Tratamiento | 0,06 | 0% |
| 1 | Gases industriales | 0,01 | 0% |
| 1 | Gases industriales | 0,00 | 0% |
| 1 | Fugas | 0,02 | 0% |
| 1 | Fugas | 14,70 | 3% |
| 1 | Extintores | 0,51 | 0% |
| 2 | Electricidad | 112,11 | 19% |
| Total | | 582,43 | 100% |

Cuadro A.2.5. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a brindar servicios bancarios 1.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|--------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Refrigerante R22 | 69,3 | 5,7% |
| 1 | Diésel Blindado | 99,2 | 8,1% |
| 1 | Refrigerante R410a | 70,3 | 5,8% |
| 1 | Diésel Planta | 15,7 | 1,3% |
| 1 | Gas LP comedor | 20,8 | 1,7% |
| 1 | Aguas residuales | 7,7 | 0,6% |
| 1 | Diésel móvil | 10,7 | 0,9% |
| 1 | Refrigerante R134a | 5,9 | 0,5% |
| 1 | Aceite planta | 0,4 | 0,0% |
| 1 | Gasolina jardines | 0,1 | 0,0% |
| 1 | Aceite transporte | 0,1 | 0,0% |
| 1 | Refrigerante 407c | 15,6 | 1,3% |
| 2 | Electricidad | 902,7 | 74,1% |
| Total | | 1218,4 | 100% |

Cuadro A.2.6. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa dedicada a brindar servicios bancarios 2.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Diésel (Electricidad) | 6,6 | 1% |
| 1 | GLP (Electricidad) | 1,8 | 0% |
| 1 | Diésel transporte | 16,4 | 3% |
| 1 | Gasolina Transporte | 25,0 | 5% |
| 1 | Lubricantes | 0,3 | 0% |
| 1 | Extintores | 0,3 | 0% |
| 1 | Refrigerante R22 | 89,1 | 17% |
| 1 | Refrigerante R410 | 237,1 | 46% |
| 2 | Electricidad | 88,0 | 17% |
| 3 | Viajes aéreos | 47,7 | 9% |
| Total | | 512,3 | 100% |

Cuadro A.2.7. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa 1, dedicada a brindar servicios de oficina.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Diésel | 92,3 | 65,9% |
| 1 | Extintores fijos | 0,1 | 0,0% |
| 1 | Extintores móviles | 0,0 | 0,0% |
| 1 | Aire acondicionado oficina | 7,4 | 5,3% |
| 1 | Aire acondicionado móviles | 2,8 | 2,0% |
| 2 | Electricidad | 5,1 | 3,6% |
| 3 | Vuelos | 28,4 | 20,3% |
| 3 | Residuos enviados a relleno sanitario | 3,4 | 2,5% |
| 3 | Aguas residuales | 0,6 | 0,5% |
| Total | | 140,1 | 100% |

Cuadro A.2.8. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa 2, dedicada a brindar servicios de oficina.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Diésel | 0,81 | 1% |
| 1 | Diésel Vehículos | 33,71 | 24% |
| 1 | Diésel PE | 1,16 | 1% |
| 1 | Gasolina Vehículos | 27,02 | 19% |
| 1 | Lubricantes | 0,008 | 0% |
| 1 | Gasolina Equipo | 0,49 | 0% |
| 1 | Refrigerante | 3,91 | 3% |
| | Instalaciones | | |
| 1 | Refrigerantes | 1,43 | 1% |
| | Vehículos | | |
| 1 | Fertilizante | 0,005 | 0% |
| 1 | Extintores | 0,06 | 0% |
| 1 | Oxidación lubricantes | 0,145 | 0% |
| 1 | Aerosoles | 0,02 | 0% |
| 1 | Lubricantes jardinera | 0,003 | 0% |
| 2 | Consumo de energía | 71,64 | 51% |
| Total | | 140,41 | 100% |

Cuadro A.2.9. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa 3, dedicada a brindar servicios de oficina.

| Alcance | Fuente | tnCO₂ | Porcentaje |
|----------------|------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | Diésel Vehicular | 161,7 | 87,8% |
| 1 | Diésel Otros Equipos | 2,3 | 1,3% |
| 1 | Gasolina Vehicular | 7,5 | 4,1% |
| 1 | Gasolina Otros Equipos | 3,5 | 1,9% |
| 1 | LPG | 0,2 | 0,1% |
| 1 | Aceites y lubricantes | 0,3 | 0,1% |
| 1 | R134a | 0,6 | 0,3% |
| 1 | Tanque séptico | 4,3 | 2,3% |
| 2 | Electricidad | 3,9 | 2,1% |
| Total | | 184,2 | 100% |

Cuadro A.2.10. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa 4, dedicada a brindar servicios de oficina.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Diésel Vehicular | 33,1 | 24,8% |
| 1 | Gasolina | 20,9 | 15,7% |
| 1 | LPG | 2,4 | 1,8% |
| 1 | Tanque séptico | 0,7 | 0,5% |
| 1 | R410A | 14,5 | 10,9% |
| 1 | R-22 | 1,4 | 1,0% |
| 2 | Electricidad | 20,9 | 15,7% |
| 3 | Aguas Domésticas | 2,8 | 2,1% |
| 3 | Residuos Sólidos | 10,4 | 7,8% |
| 3 | Viajes Aéreos | 26,3 | 19,7% |
| Total | | 133,2 | 100% |

Cuadro A.2.11. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en empresa 5, dedicada a brindar servicios de oficina.

| Alcance | Fuente | tnCo₂ | Porcentaje |
|----------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | Gasolina | 1,08 | 3,9% |
| | Motoguadaña | | |
| 1 | Lubricantes | 0,00 | 0,0% |
| 1 | Lubricantes | 0,04 | 0,1% |
| 1 | Extintores | 0,01 | 0,1% |
| 1 | Fertilizantes | 0,47 | 1,7% |
| 2 | Electricidad | 1,12 | 4,0% |
| 3 | AR Domesticas | 1,26 | 4,5% |
| 3 | Gasolina Personal | 22,67 | 81,2% |
| 3 | Papel | 1,29 | 4,6% |
| Total | | 27,94 | 100% |

Cuadro A.2.12. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en las empresas dedicadas a la producción industrial.

| Alcance | Fuente | tnCo₂ | Porcentaje |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | Gasolina | 91 | 0,20% |
| 1 | GLP | 16.118 | 33,50% |
| 1 | Bunker | 24.143 | 50,10% |
| 1 | Diésel | 2.271 | 4,70% |
| 1 | Refrigerantes | 72 | 0,10% |
| 1 | ITAS-RTO(solventes-plastificantes) | 2.086 | 4,30% |
| 1 | Directas Menores | 364 | 0,80% |
| 2 | Electricidad | 2.909 | 6,00% |
| 3 | Indirectas | 91 | 0,20% |
| Total | | 48.145 | 100% |

Cuadro A.2.13. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en las empresas dedicadas a la producción y procesamiento de alimentos.

| Alcance | Fuente | tnCo₂ | Porcentaje |
|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | Consumo Combustibles | 18.980,69 | 74,2% |
| 1 | Refrigerantes | 4.980,64 | 19,5% |
| 1 | Aguas residuales | 177,87 | 0,7% |
| 1 | Directas Menores | 398,30 | 1,6% |
| 2 | Electricidad | 1.032,13 | 4,0% |
| 3 | Indirectas | 4,05 | 0,0% |
| Total | | 25.573,681 | 100% |

Cuadro A.2.14. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa 1, dedicada a la producción y distribución del cemento.

| Alcance | Fuente | tnCo₂ | Porcentaje |
|----------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | Consumo Diésel | 1.409,7 | 0% |
| 1 | Consumo Diésel | 74,7 | 0% |
| 1 | Consumo Diésel | 276,1 | 0% |
| 1 | Consumo Diésel | 3,1 | 0% |
| 1 | Consumo Diésel | 1.826,0 | 0% |
| 1 | Consumo de Combustibles | 208.635,9 | 36% |
| 1 | Descarbonatación | 355.474,4 | 62% |
| 1 | Uso de aceites | 15,6 | 0% |
| 1 | Tanque séptico | 1,8 | 0% |
| 1 | Laguna coke | 10,8 | 0% |
| 1 | Consumo gases | 8,2 | 0% |
| 1 | Incineración | 32,8 | 0% |
| 1 | Fugas de gases refrigerantes | 39,3 | 0% |
| 1 | Extintores | 0,1 | 0% |
| 2 | Consumo Energía Eléctrica | 6.352,5 | 1% |
| 3 | Consumo de Diésel subcontratado | 1.740 | 0% |
| Total | | 575.901 | 100% |

Cuadro A.2.15. Principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero en una empresa 2, dedicada a la producción y distribución del cemento.

| Alcance | Fuente | tCO₂ | Porcentaje |
|----------------|---------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Uso de combustibles | 179.720,7 | 35% |
| 1 | Descarbonatación | 309.579,3 | 61% |
| 1 | Directas Menores | 81,1 | 0% |
| 1 | Combustión Biomasa | 9.659,2 | 2% |
| 2 | Electricidad | 2.438,7 | 0% |
| 3 | Indirectas | 5.497,7 | 1% |
| Total | | 506.976,7 | 100% |

10 APÉNDICE 3: RESULTADOS DE LA ENCUESTA

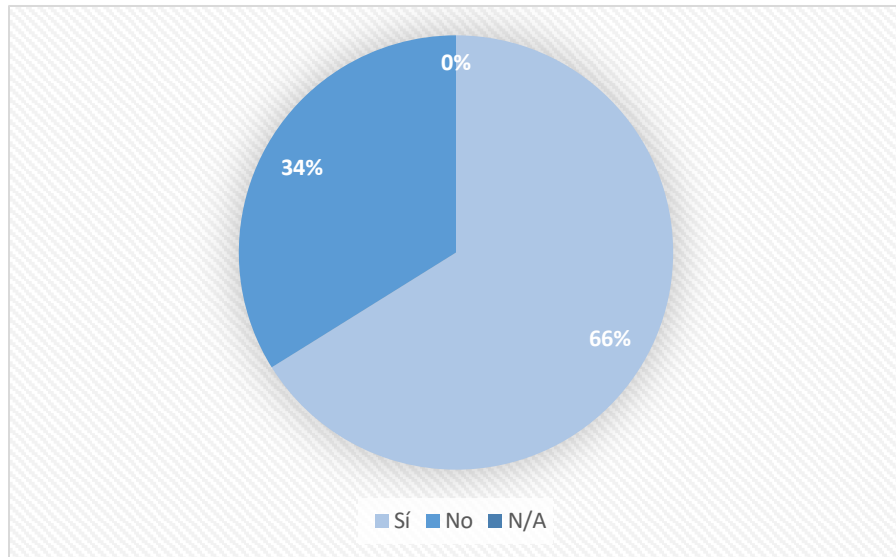


Figura A.3.1. Porcentaje del sector agricultura que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

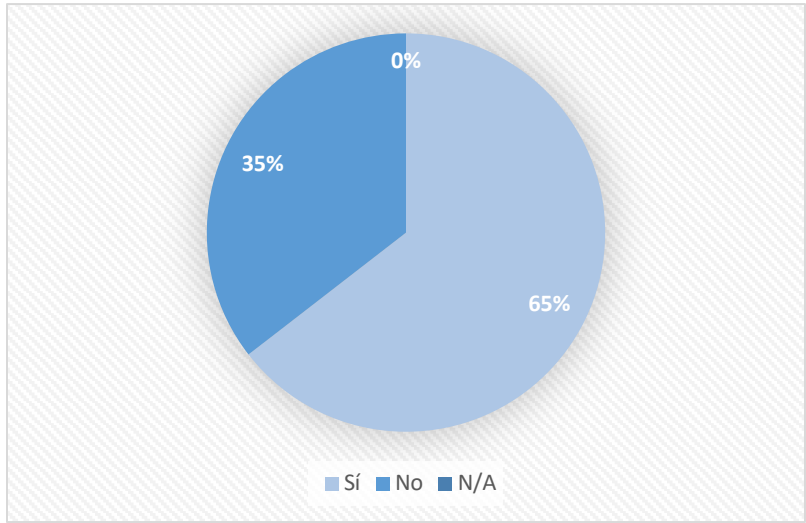


Figura A.3.2. Porcentaje del sector alimentos que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

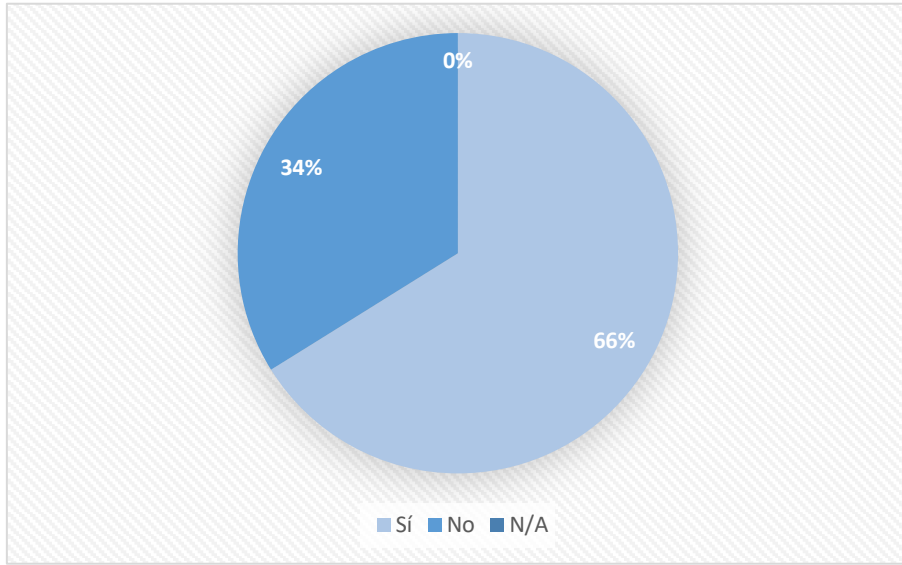


Figura A.3.3. Porcentaje del sector cemento que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

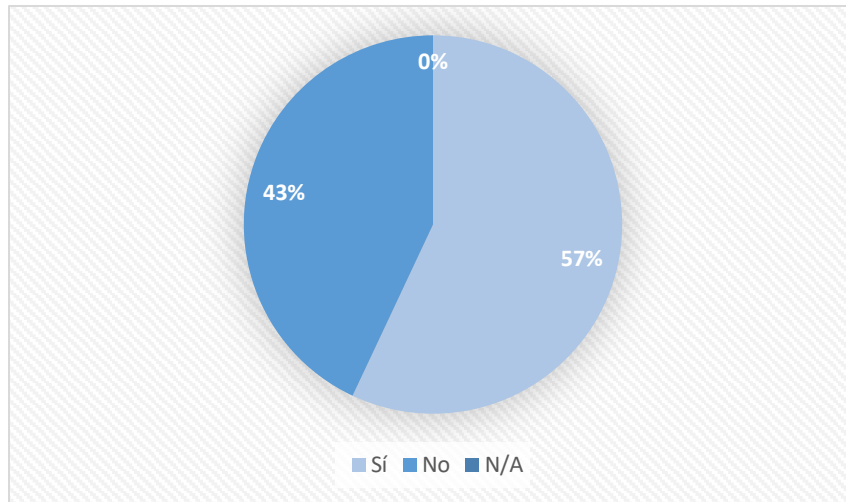


Figura A.3.4. Porcentaje del sector industrial que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

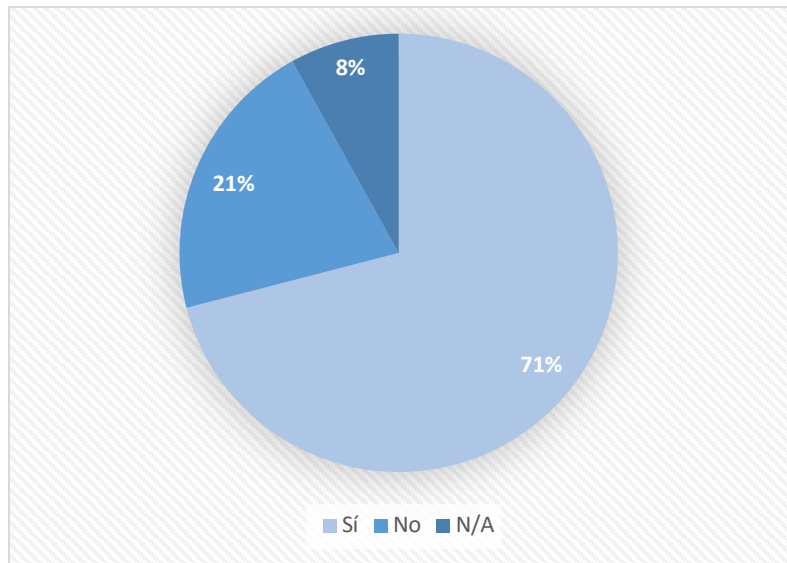


Figura A.3.5. Porcentaje del sector electricidad que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

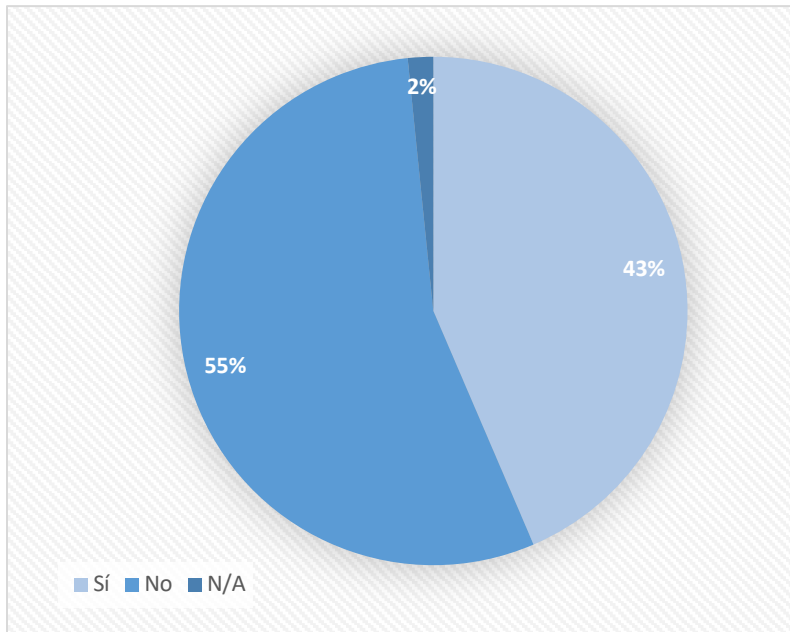


Figura A.3.6. Porcentaje del sector financiero que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

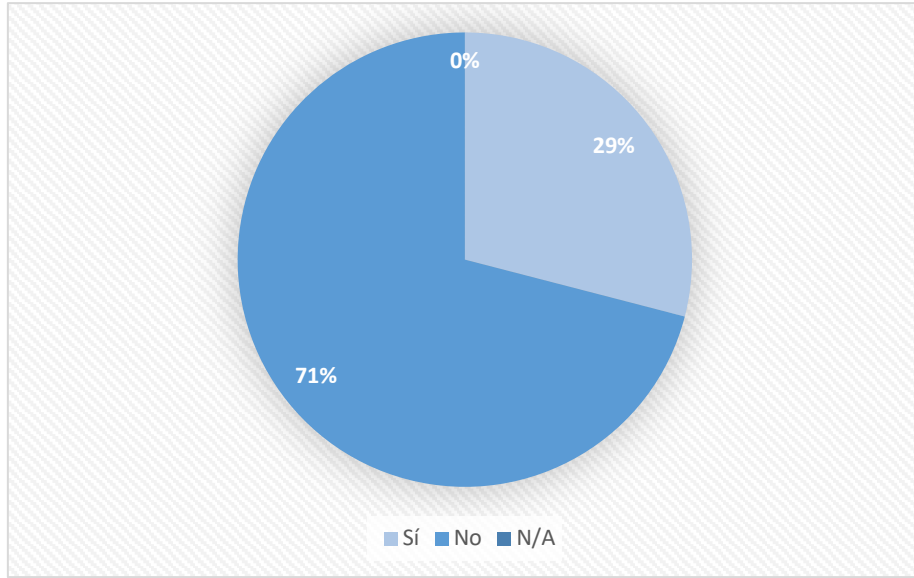


Figura A.3.7. Porcentaje del sector hospitalario que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

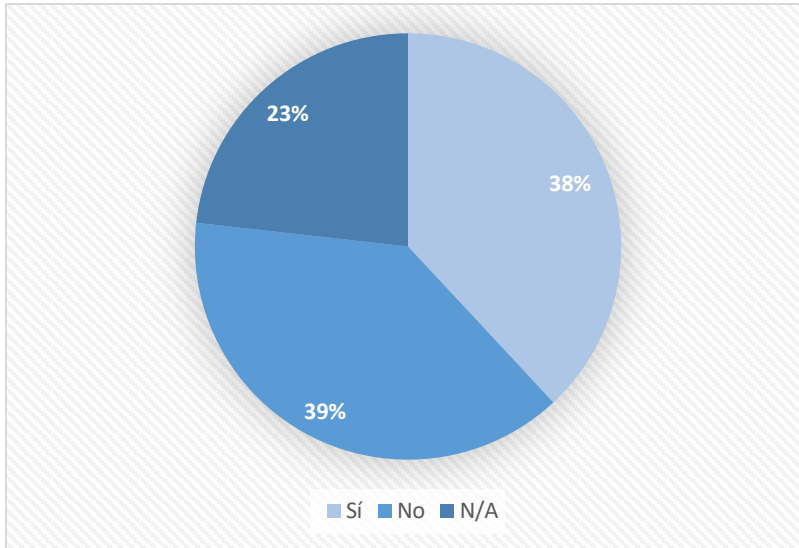


Figura A.3.8. Porcentaje del sector servicio de oficinas que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

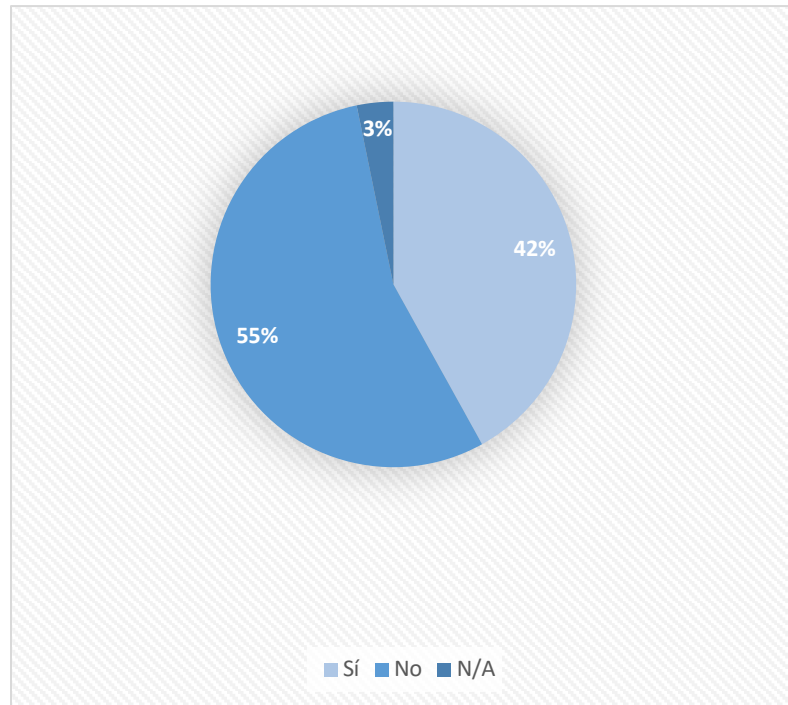


Figura A.3.9. Porcentaje del sector venta de comida a por mayor que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto.

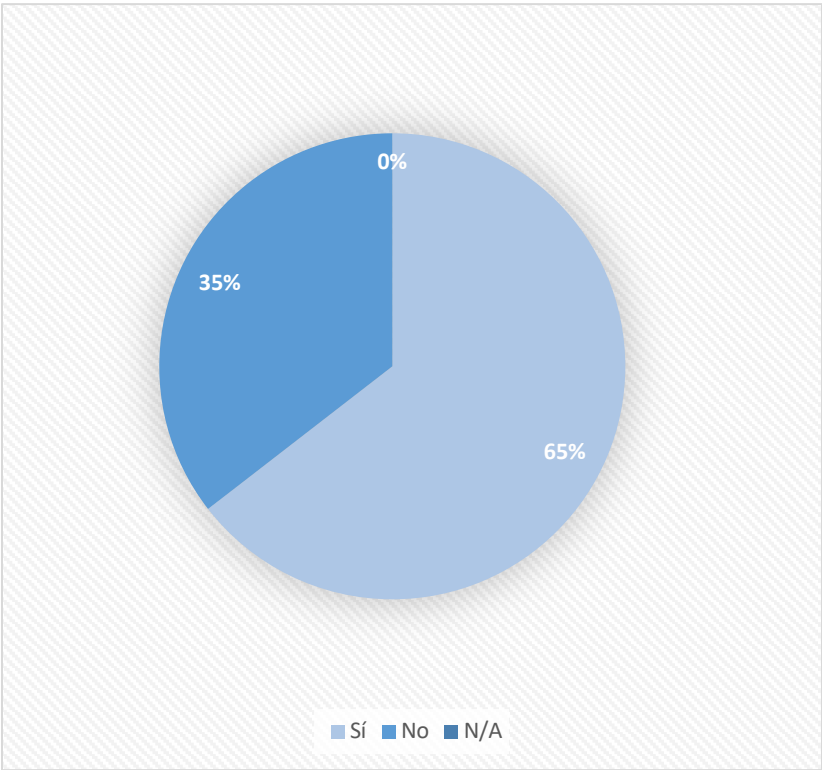


Figura A.3.10. Porcentaje del sector servicio de venta de vehículos que tiene conocimiento sobre las distintas etapas del ciclo de vida para el análisis de Huella de Carbono Producto

