

# Estimación de la huella de carbono en empresas de Ingeniería, Procura y Construcción

Estimating the carbon footprint of  
engineering, procurement and construction  
companies



---

Fuente: Pexels.com. Licencia Creative Commons

# Estimación de la huella de carbono en empresas de Ingeniería, Procura y Construcción<sup>1</sup>

Estimating the carbon footprint of engineering, procurement  
and construction companies

**Fredys Simanca Herrera<sup>2</sup>, Jorge Puerta Gómez<sup>3</sup>, Fabián Blanco Garrido<sup>4</sup>, Pablo Carreño Hernández<sup>5</sup>**

Artículo recibido en mayo 28 de 2020; artículo aceptado en agosto 10 de 2020

Este artículo puede compartirse bajo la [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) y se referencia usando el siguiente formato: Simanca, F., Puerta Gómez, J., Blanco Garrido, F. y Carreño, P. (2021). Estimación de la huella de carbono en empresas de Ingeniería, Procura y Construcción. *I+D Revista de Investigaciones*, 16(1), 199-215. <http://dx.doi.org/10.33304/revinv.v16n1-2021016>.

## Resumen

Esta investigación tiene el propósito de generar un procedimiento conforme a los requerimientos especificados en la guía de la CAR, por medio de la identificación de las actividades que realizan las organizaciones causantes de la emisión CO<sub>2</sub>, es decir, de gases efecto invernadero. Para esto se realizó una revisión de información en las empresas de Ingeniería, Procura y Construcción, entre septiembre de 2017 y julio de 2019, lo que permitió contar con una línea base lo suficientemente amplia para formular alternativas de compensación y metas de reducción en la generación de CO<sub>2</sub>. Como resultado se generó un procedimiento para la medición de los efectos del gas invernadero, mediante un formato, respetando los requerimientos de la guía metodológica de la CAR. Se encontró que los resultados fueron exitosos, con una participación del 93 % del total de personas. Se presentó el diseño específicamente, lo que evidencia el grado de compromiso por parte de los directivos en lo que respecta a temas de medioambiente. Con esto se hace énfasis en la importancia en apoyar proyectos de reforestación que aporten a disminuir la tasa de deforestación que presenta Colombia y que ha ido en aumento en los últimos años, según reporta el IDEAM.

**Palabras clave:** Compensación, gases efecto invernadero, huella de carbono.

## Abstract

<sup>1</sup> Artículo de Investigación, de enfoque descriptivo, resultado de un proyecto de investigación formativa culminado, denominado "Estimación de la huella de carbono en empresas de construcción: Caso de estudio Procura", perteneciente al área de ciencias sociales, subárea educación ambiental, desarrollado en el Grupo de Investigación DAVINCIS, fue financiado por la Universidad Libre (Bogotá, Colombia). Dirección: carrera 70 n.º 53-40, PBX: (571) 423 2700. Fecha de inicio: enero 2019. Fecha de terminación: diciembre 2019.

<sup>2</sup> Doctor en Sociedad del Conocimiento, Universidad Internacional de la Rioja. Vinculado al Grupo de Investigación DAVINCIS, Universidad Libre (Bogotá, Colombia). Dirección: carrera 70 n.º 53-40, PBX: 4237000. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3548-0775> Correo electrónico institucional: fredysa.simancah@unilibre.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante especialización en Gerencia Ambiental, Grupo de Investigación DAVINCIS, Universidad Libre (Bogotá, Colombia). Dirección: carrera 70 n.º 53-40, PBX: 4237000. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5708-7942> Correo electrónico institucional: jorgeg-puertag@unilibre.edu.co

<sup>4</sup> Magíster en Informática Aplicada a la Educación, Universidad Cooperativa de Colombia Vinculado al Grupo de Investigación DAVINCIS, Universidad Libre (Bogotá, Colombia). Dirección: carrera 70 n.º 53-40, PBX: 4237000. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7131-4427> Correo electrónico institucional: fabian.blancog@unilibre.edu.co

<sup>5</sup> Magíster en Informática Aplicada a la Educación, Universidad Cooperativa de Colombia. Vinculado al Grupo de Investigación DAVINCIS, Universidad Libre (Bogotá, Colombia). Dirección: carrera 70 n.º 53-40, PBX: 4237000. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1367-9684> Correo electrónico institucional: pabloe.carrenoh@unilibre.edu.co

The purpose of this research study is to generate a procedure in accordance with the requirements specified in the CAR guide, by identifying the activities carried out by organizations that cause CO<sub>2</sub> emissions, that is, greenhouse gases. For this, an information review was carried out in the Engineering Procura and Construction companies, between September 2017 and July 2019, which allowed having a sufficiently broad baseline to formulate compensation alternatives and reduction goals in the generation of CO<sub>2</sub>. As a result, a procedure was generated to measure the effects of greenhouse gas, through a format, respecting the requirements of the CAR methodological guide. It was found that the results were successful, with a participation of 93 % of the total number of people where the design was specifically presented, which shows the degree of commitment on the part of the managers regarding environmental issues. Emphasis is placed on the importance of supporting reforestation projects that contribute to reducing the deforestation rate that Colombia presents and that has been increasing in recent years, according to IDEAM.

**Keywords:** Carbon footprint, compensation, greenhouse gases.

## Introducción

La presente investigación se realiza en el marco de la Especialización en Gerencia Ambiental, y se centra en la estimación de la huella de carbono en empresas de Ingeniería, Procura y Construcción, que desarrollan sus actividades en el territorio colombiano.

Esta estimación es de gran importancia, ya que identifica la cantidad de carbono emitido a la atmósfera por el ejercicio de las actividades de este tipo de organizaciones, lo que cuantifica el aporte al cambio climático, con la posibilidad de compensar estas emisiones y establecer la medición de la huella de carbono. Esto permite identificar qué emisiones tienen cada una de las diferentes actividades que se realizan en dichas empresas; posterior a esta identificación, se procede a clasificarlas entre directas o indirectas. Para dicha clasificación se debe tener como medida primordial el análisis de las instalaciones de la empresa analizada (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015). Si bien es cierto que el sector de la construcción es un sector clave para el crecimiento económico (García Gómez *et al.*, 2017), el fomento del empleo, la mejora de la calidad de vida, entre otros, es necesario tener presente que el 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero provienen del sector de la construcción, y posterior a la construcción, de las operaciones de las plantas de energía y del transporte (Saha, 2018).

Antes de iniciar con la descripción del proceso implementado, es importante aclarar el concepto de huella de carbono creado por el célebre ingeniero suizo Mathis Wackernagel, junto con el profesor William Rees, quienes lo definen, en su libro *Nuestra huella ecológica*, como “una herramienta contable que permite estimar los requerimientos en términos de consumo de recursos y asimilación de desechos de una determinada población o economía, expresados en área de tierra productiva” (Wackernagel y Rees, 2001, p. 26).

Para medir la huella de carbono, podemos apoyarnos en la International Organization for Standardization (ISO 14067, 2018), la cual, en su definición, la establece como la suma de emisiones de gases efecto invernadero y remociones expresadas en CO<sub>2</sub> equivalente y con base al

análisis del ciclo de vida de una sola categoría de impacto: la del cambio climático. Se tiene en cuenta que el cálculo de factores de emisión es una herramienta que permite conocer la cantidad de CO<sub>2</sub>, equivalente por unidad del material, que evalúa tanto las distintas propiedades como el proceso de fabricación y transporte de los productos de construcciones, ya que esta evaluación se vuelve también un factor imprescindible al hablar de edificaciones más eficientes (Badilla *et al.*, 2015). El CO<sub>2</sub> es equivalente al de una cantidad específica de gas; se calcula como la masa dada de un gas de efecto invernadero multiplicada por su potencial de calentamiento global (ISO 14067, 2018).

La estimación del flujo de gases de efecto invernadero puede realizarse de dos maneras: la primera, midiendo en el tiempo los cambios netos en las reservas de carbono (usada en la mayoría de los flujos de CO<sub>2</sub>); y la segunda, directamente, tomando las tasas del flujo del gas desde y hacia la atmósfera. Esta última es más usada para los gases no-CO<sub>2</sub> y en algunas emisiones de CO<sub>2</sub> (Tubiello *et al.*, 2015).

En la ISO 14067:2013 se proporciona un listado de gases efecto invernadero con su potencial de calentamiento global (ISO 14067, 2018). En este documento se tomaron los valores establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en sus 3 informes (IPCC, 2014), donde se describen las diferentes etapas. Se inicia con el análisis de la problemática que se presenta en este tipo de organizaciones, las cuales no incluyen dentro de su gestión ambiental la medición de la huella de carbono; por ende, no se mide el impacto que generan por concepto de emisiones atmosféricas y el aporte que realizan al cambio climático.

Seguidamente, en el marco teórico se describe el impacto que ha causado la emisión de GEI en el clima referente al calentamiento global y las implicaciones que estas pueden tener en la tierra (Hünerberg *et al.*, 2013), situación que fue descrita en el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (IPCC, 2014). Es así que, debido al desconocimiento sobre la dimensión de los efectos del cambio climático en los individuos, las

especies y los ecosistemas en la distribución geográfica, el fortalecimiento y la capacidad para predecir estos efectos y los impactos sociales y económicos se convierten en un reto de mayor grado (Uribe Botero, 2015). La obligatoriedad del análisis de la huella de carbono en las actividades de construcción en la actualidad deberá ser importante.

En Colombia se está abordando el tema de análisis en el consumo de combustible, junto con las proyecciones en el aumento de su uso, especialmente de los combustibles fósiles (gasolina y diésel), dado que es un factor importante en el aumento de las emisiones a la atmósfera (García, 2012). De ahí la invitación en el país a utilizar etanol mezclado con gasolina para ampliar el rendimiento y reducir la emisión de gases contaminantes. Pero el etanol es producido primariamente por la caña de azúcar. Dicha mezcla podría traer otros inconvenientes, especialmente en lo que respecta a la producción, lo cual podría perjudicar la oferta de azúcar y generar alguna insatisfacción entre los consumidores de dicho producto. Esto puede traer como consecuencia variaciones del precio en el mercado. Es claro que estos efectos deben ser valorados con profundidad para que se puedan tomar las medidas apropiadas (Arango y Torres, 2008).

El impacto de la deforestación se contempla con el propósito de ampliar el preocupante panorama frente al cambio climático en el ámbito mundial, debido a que las emisiones aumentan por la pérdida continua de biodiversidad, lo que debilita la capacidad de respuesta al cambio de los ecosistemas forestales, ya que la capacidad de asimilación de la naturaleza cada vez es más afectada por acción del hombre (Food and Agriculture Organization [FAO], 2013). Se estima que el desarrollo precipitado de la agricultura comercial, el sector minero y energético serán las causas futuras de la deforestación y de la degradación de los bosques. Por otro lado, el incremento de la explotación maderera, tanto industrial como informal, así como la agricultura de subsistencia, son factores que tienen un impacto revelador en la degradación y con riesgo de evolución a la deforestación (Ministerio de Agricultura, 2018).

Para concluir, se plantea un procedimiento para la estimación de la huella de carbono que se puede implementar en empresas del sector y elegir la opción de compensación más adecuada, conforme a las alternativas planteadas por la legislación nacional, y con base en la Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial.

### **Metodología**

Existen diferentes métodos para la estimación de emisiones de la huella de carbono, y según el Plan Institucional de Gestión Ambiental PIGA, en Colombia se destaca la metodología del GHG Protocol (Protocolo

Gases Efecto Invernadero) (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015), que permite:

1. Demarcar las fuentes de emisiones directas e indirectas.
2. Optimizar el reporte de información.
3. Suministrar datos útiles para concretar políticas o planes en relación con el cambio climático y las metas.

Adicionalmente, es necesario detallar cinco principios para contabilizar y reportar las emisiones de carbono, que se recomienda cumplir al implementar la metodología utilizada para el proceso de cálculo de las emisiones: transparencia, pertinencia, exactitud, cobertura total y coherencia; esto con el fin de asegurarse de que los resultados que se reportan se acerquen lo más posible a la realidad (ver Figura 1).

Para realizar el cálculo de la huella de carbono, clasificar las emisiones asociadas a las distintas actividades, realizar la clasificación en directas e indirectas y determinar el alcance de las emisiones indirectas, se realiza el estudio de las instalaciones de la empresa y sus sedes, recopilando los datos de sus actividades (energía consumida, medios de transporte, entre otros) y los factores de emisión. Estos datos fueron seleccionados siguiendo los principios que instituye el Protocolo GHG, con el fin de conseguir la mayor exactitud posible en el cálculo (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015).

### **Tipo de estudio**

El tipo de estudio realizado fue cuantitativo, ya que el resultado de la investigación consistió en calcular la huella de carbono en una empresa, con base en datos recolectados a través de un periodo de tiempo determinado de manera constante, con el fin de generar una línea base para implantar metas de disminución y compensación. Así, se origina la mejora continua de la organización en concordia con los objetivos de cambio climático.

### **Procedimiento**

Para el caso de esta investigación sobre la estimación de la huella de carbono de una empresa IPC, fue necesaria la recolección de datos relacionados con las actividades generadoras de gas efecto invernadero, los cuales fueron extraídos de documentos confidenciales de la organización, como la matriz de peligros y riesgos, junto con la matriz de aspectos e impactos ambientales y la caracterización de procesos. Estos documentos son actualizados periódicamente conforme al desarrollo de las actividades que la organización ejecuta, de manera que es una fuente confiable de información, dadas su naturaleza e importancia dentro de la planificación y el desarrollo de los programas de seguridad y salud ocupacional y medioambiente.

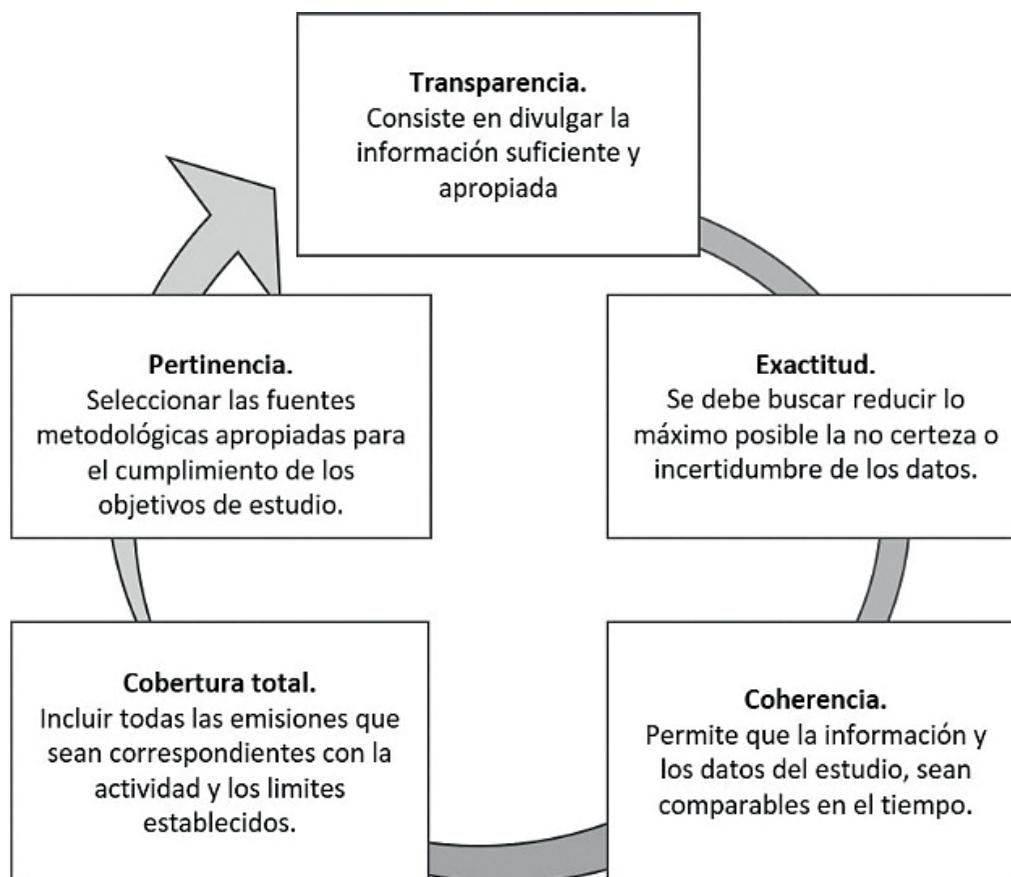


Figura 1. Principios para contabilizar las emisiones de GEI. Fuente: Vallejo *et al.* (2017).

Una vez se identificaron las actividades generadoras de GEI, se procedió a iniciar la recolección de datos con una frecuencia mensual, entre los cuales se encontraban:

- Consumo de combustible
- Consumo de energía eléctrica
- Generación de residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario
- Consumo de madera
- Personal operativo
- Tratamiento de lodos de agua residuales

Esta información se encuentra en los informes mensuales de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (HSE, por sus siglas en inglés), los cuales son reportados desde diferentes centros de trabajo a la sede central y consolidados para lograr un informe unificado de la organización, cuyas características son el informe acerca de la situación de la empresa a nivel local e internacional, control apropiado en tareas organizacionales, posicionamiento de la empresa, baja en los costes por accidentes laborales, confianza de los consumidores, seguridad laboral, mejor ambiente laboral, mejor calidad de vida para el empleado, entre otras (ISOTools, 2017). Características que, además, están directamente

relacionadas con el entorno ambiental con respecto a la organización (García-Mendez *et al.*, 2020).

Los datos recolectados cuentan con diversos soportes que generan una base de datos importante para la obtención de tablas, mapas y cartas de procesos, que cumplen la función de registrar la información requerida para el análisis respectivo (Laguado, 2018); para el caso del consumo de combustible, las facturas de compra; para el caso del consumo de energía, los recibos expedidos por las empresas de servicios públicos. Para los residuos sólidos se llevan registros (planillas) de disposición en las cuales se segregan los residuos separados que son entregados a las empresas de aseo. Estas básculas se encuentran calibradas y se realiza recalibración anual para garantizar la confiabilidad de la medición; adicionalmente, el responsable de esta actividad recibió la debida capacitación con el propósito de reducir al máximo el reporte datos errados. Para la medición del consumo de madera, se toma como referencia la madera entregada a las comunidades solicitadas por ellas en forma de donación, que es destinada generalmente para leña. Este valor es calculado con base en las actas de disposición final, que tienen el valor entregado en peso. Este valor es reportado por la báscula de vehículos ubicada a la entrada de los proyectos.

El personal operativo de cada proyecto es reportado por el departamento de nómina al departamento de HSE discriminado por proyectos. Este dato se utiliza para contrastar el reportado por cada uno de los frentes de obra en el informe mensual, dado que en cualquier obra debe existir un coordinador de seguridad, y entre sus responsabilidades están la provisión de información, formación e instrucciones sobre las condiciones de la obra (Prevencionar, 2016). No se debe permitir que las personas trabajen en una obra, a menos que hayan recibido la información, instrucción y formación correspondiente (Organización Internacional del Trabajo, 1992). Referente al tratamiento de lodos, esta actividad no se lleva a cabo en todos los proyectos, únicamente en los que se cuenta con campamento. Este valor es reportado según el volumen generado en m<sup>3</sup>.

Una vez definida la información requerida, se procedió a formular un procedimiento específico para la organización, en la que se estipularon los criterios para su medición. Se desarrolló un formato adecuado para consolidar la información mes a mes y garantizar la trazabilidad y manejo adecuado de la información producida.

Este procedimiento se realizó con base en el documento Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial –Corporación Autónoma de Cundinamarca, Corporación Ambiental Empresarial (CAR *et al.*, 2013)–, que está planteada para ser utilizada a nivel sectorial. En el procedimiento se tomaron los valores referentes a carbono equivalente y se ajustó a las necesidades específicas de la organización.

En referencia al formato, este se elaboró con base en las necesidades específicas de la organización, y pasó por un proceso de revisión, validación y aprobación de la gerencia. Luego, se lo integró al sistema de gestión ambiental, y esto fue informado oportunamente a los responsables de su implementación en cada proyecto.

La información recolectada fue consolidada anualmente para crear la línea base y poder establecer metas en reducción y compensación conforme al comportamiento de la organización.

De forma paralela a esta información, se realizaron campañas de capacitación sobre la huella de carbono, en las cuales se incluyeron algunas actividades de sensibilización, como la entrega de un kit ambiental, el cual es integrado por una pequeña maceta, semillas de árbol de la región, sustrato y las instrucciones para su siembra.

Finalmente, se establecieron metas de compensación anuales para que se apliquen progresivamente, con el propósito de llegar a un 100 % de compensación en un plazo de 5 años.

Esto permitió medir la huella de carbono en una empresa IPC, y se logró un resultado exacto y natural, ya que debe apoyarse en hechos reales (Monje, 2011). Esto, con base en datos recolectados a través de un periodo de tiempo establecido de manera constante, con el fin de generar una línea base para establecer metas de reducción y compensación, promoviendo la mejora continua de la organización en armonía con los objetivos de cambio climático. Lo anterior permite que las empresas comprendan que asumir el costo de mantener sus recursos naturales es una estrategia generadora de utilidades de mediano y largo plazo que permite crecimiento estable y sostenido (Rueda Galvis *et al.*, 2020).

### Objetivos desarrollados

- Identificar actividades generadoras de GEI dentro de la organización
- Fomentar prácticas ambientales en los trabajadores durante las actividades generadoras de GEI
- Plantear una compensación basada en la cantidad de GEI emitidos durante el periodo de medición

### Actividades desarrolladas

Para lograr los objetivos fue necesario realizar las siguientes actividades puntuales con su respectivo producto:

- Revisar el mapa de procesos de la organización
- Revisar la matriz de riesgos y peligros
- Revisar la matriz de aspectos e impactos ambientales
- Identificar dentro del listado de actividades los factores que generan GEI
- Generar procedimiento aprobado por la Gerencia HSEQ de la compañía para iniciar mediciones de GEI.
- Iniciar la medición de la huella de carbono en las actividades generadoras de GEI
- Realizar capacitaciones a los trabajadores sobre el impacto que generan los GEI en la atmósfera
- Realizar campaña de sensibilización ambiental “siembra un árbol, siembra vida”
- Proponer una compensación por medio de alternativas planteadas por la legislación vigente

### Resultados y análisis

#### Mapa de procesos

La organización tiene establecido el mapa de procesos presentado en la Figura 2, desde el cual gestiona sus actividades. Desde el punto de vista de gestión de calidad, la organización tiene 3 divisiones: procesos gerenciales, procesos operativos y procesos de apoyo. Como entradas encontramos las partes interesadas y los distintos requisitos (técnicos y legales) y, finalmente, encontramos la salida, que se enfoca a la satisfacción del cliente, de los usuarios y de las partes interesadas.

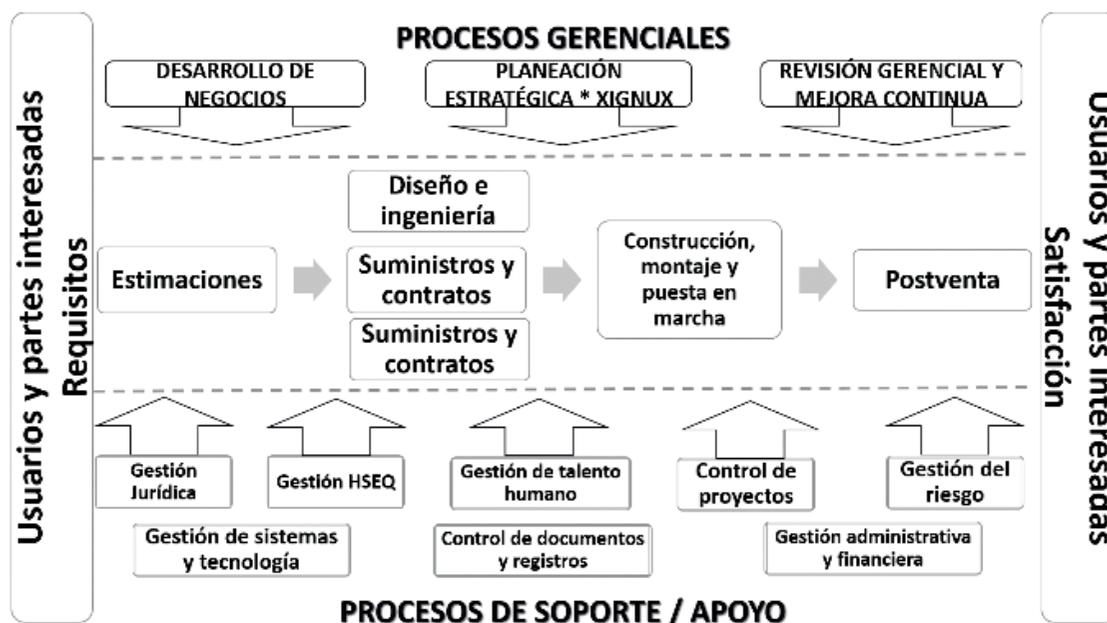


Figura 2. Mapa de procesos. Fuente: Autores.

La identificación de actividades generadoras de GEI se centra en los procesos operativos, principalmente en el proceso de construcción, montaje y puesta en marcha, sin omitir los otros procesos en los cuales también se generan.

Los procesos de soporte y gerenciales también generan GEI, aunque en menor proporción, debido a su menor impacto dentro de la organización.

### Matriz de peligros, riesgos e identificación de aspectos ambientales

Estas matrices son herramientas muy importantes para la organización, debido a que en ellas se identifican todas las actividades que se realizan en el proceso principal, que es construcción, montaje y puesta en marcha, y son actualizadas permanentemente (mínimo cada 4 meses, según procedimientos internos).

### Matriz de identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales

Este registro es un insumo muy importante, debido a que su construcción gira entorno a las actividades que desarrolla la organización, principalmente en la etapa constructiva, de manera que podemos identificar al detalle cada una de las actividades generadoras de GEI.

Por razones de confidencialidad en el manejo de la información, estas matrices no son objeto de publicación en este documento; solo fueron suministradas para consulta.

### Matriz de peligros, evaluación y control de riesgos

De otra parte, contamos con el registro Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos, el cual tiene una estructura diferente, ya que su enfoque no se basa en actividades puntuales sino en actividades generales, que se analizan desde el punto de vista de los peligros que se asocian a las actividades.

Si bien este documento no es tan útil como el anterior, permite ampliar el panorama de las actividades ejecutadas y alimenta la identificación de actividades generadoras de GEI.

Una vez verificada la información inicial de las matrices, podemos identificar las siguientes actividades como generadoras de GEI dentro de la organización:

- Transporte de personal, equipos y materiales (incluye movilización y desmovilización de equipos, maquinaria y personal, movilización de materiales y personal durante el desarrollo del proyecto, desplazamientos internos).
- Uso de servicios sanitarios y tratamiento de agua industrial (baños portátiles y baños convencionales, tratamiento de aguas residuales).
- Operación de equipos a combustión interna (planta eléctrica, motosoldador, compresores, torre de iluminación).
- Actividades administrativas (ingeniería, diseño, sistemas, compras, gerencia general, contabilidad, seguridad física, mensajería, talento humano, nómina, recepción, jurídica, PMO, gestión de contratos, gestión HSEQ).

e) Mantenimiento a instalaciones, equipos mayores, menores y arreglos locativos (reparación de infraestructura física y de equipos, mantenimiento rutinario, limpieza, orden y aseo).	7	Consumo de energía eléctrica Consumo de combustible fósil
f) Actividades de casino (servicio de alimentación, lavado de ropa, servicio general de limpieza).	8	Consumo de combustible fósil
g) Almacenamiento de materiales y equipos (bodega, entrega de materiales, equipos, suministros y consumibles).	9	Generación de vertimientos Generación de lodos orgánicos
h) Cargue y descargue de materiales y equipos.	10	Consumo de combustible fósil Generación de madera
i) Lavado de equipos y maquinaria.	11	Consumo de energía eléctrica Generación de residuos sólidos
j) Actividades de rocería, corte y poda de especies vegetales (labores de mantenimiento de zonas verdes, despeje de áreas de trabajo diferente a la tala de árboles).	12	Consumo de combustible fósil Generación de madera
k) Ensayos destructivos y no destructivos (prueba de concretos, tintas penetrantes, radiografías, etc.).	13	Generación de residuos sólidos
l) Aprovechamiento forestal (tala de árboles).	14	Generación de residuos sólidos Consumo de energía eléctrica
m) Servicio de vigilancia.	15	Consumo de combustible fósil
n) Alistamiento de equipos para montaje (prefabricado de soportes y accesorios para montaje de equipos).	16	Generación de residuos sólidos Consumo de combustible fósil
o) Movimiento de tierras (descapote, relleno, compactación, excavación, etc.).	17	Generación de residuos sólidos Consumo de combustible fósil Consumo de energía eléctrica
p) Montaje mecánico (incluye soldadura, alineación, izaje y montaje en general).	18	Consumo de combustible fósil Consumo de energía eléctrica
q) Montaje eléctrico (incluye redes eléctricas de alta, media, baja tensión, voz datos y pulsos).	19	Generación de residuos sólidos Consumo de combustible fósil
r) Puesta en marcha de equipos (arranque de equipos y operación de unidades instaladas).		
s) Desmonte de infraestructura provisional (retiro de obras provisionales, reconformación del terreno).		

Fuente: Autores con base en información suministrada por la organización.

### Factores generadores de GEI

Basados en la lista anterior, se pueden identificar los factores generadores de GEI de las actividades que realiza la organización y que son susceptibles a seguimiento para calcular la huella de carbono (ver Tabla 1).

Tabla 1  
Factores generadores de GEI

Actividad	Factor generador GEI
1	Consumo de combustible fósil Generación de residuos sólidos
2	Generación de vertimientos Generación de lodos orgánicos
3	Consumo de combustible fósil Generación de residuos sólidos
4	Consumo de energía eléctrica Consumo de combustible fósil Generación de residuos sólidos
5	Consumo de combustible fósil Generación de residuos sólidos Generación de vertimientos
6	Consumo de energía eléctrica Generación de residuos sólidos Generación de vertimientos

Según la Tabla 1, se puede establecer que los factores generadores de GEI se asocian al consumo de combustible fósil, a la generación de residuos sólidos no reciclables que son dispuestos en relleno sanitario, a la generación de agua residual y a la generación de lodos producto del tratamiento de agua residual.

### Procedimiento para la medición de huella de carbono

Con base en la anterior información, se debe construir un procedimiento para el cálculo de la huella de carbono. Se toma como base la Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial, elaborada en el mes de junio del 2013 por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM).

### Procedimiento para el cálculo de la huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono se define en 5 pasos, según lo establecido por protocolos y estándares internacionales por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (ver Figura 3).

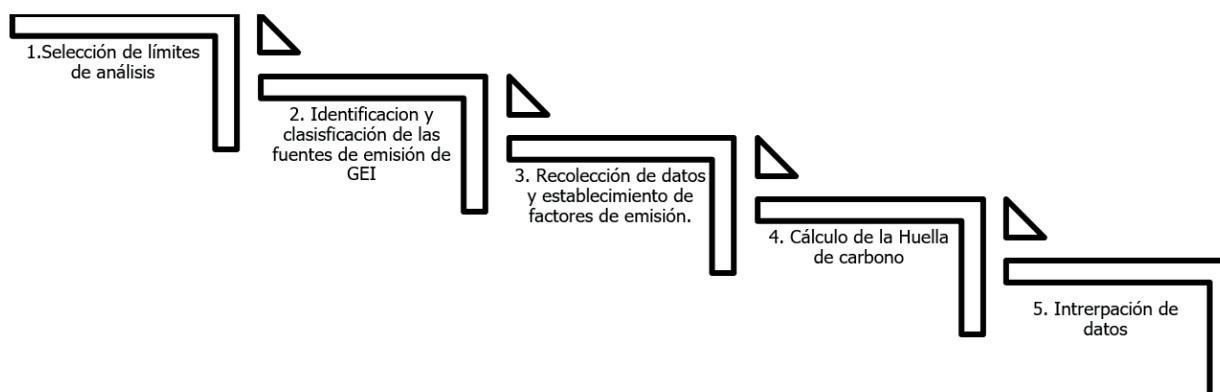


Figura 3. Procedimiento para el cálculo de huella de carbono. Fuente: Autores.

La organización tomará como base para su análisis la línea base ambiental establecida en los indicadores de gestión ambiental enfocado en los límites sectoriales, ajustando las necesidades de cada proyecto según sea la naturaleza o el sector al cual pertenece.

Referente al año base, se tomará como base las mediciones realizadas desde el año 2017. Los datos anteriormente recolectados servirán como complemento para efectos estadísticos.

### Clasificación de fuentes de emisión de GEI

Emissiones de GEI directas:

- Generación de fuentes fijas: Emisiones producidas por equipos fijos de combustión interna, como plantas generadoras, motosoldadores, bombas y equipos que utilicen gasolina o Diesel como combustibles.
- Generación de fuentes móviles: Emisiones generadas por vehículos, camiones, grúas, buses, etc.
- Procesos físicos o químicos: Para efectos de actividades de la organización, únicamente se tomará el procesamiento de residuos sólidos dentro de esta fuente.
- Emisiones fugitivas: Emisiones generadas intencionalmente por el uso de solventes o gases refrigerantes en los sistemas de aire acondicionado.

Para Colombia, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) ha establecido los siguientes factores de conversión, según el tipo de combustible (ver Tabla 2).

Tabla 2  
Factores de emisión

Combustible	Factor de emisión	
	Cantidad	Unidad
Diesel	10,15	kgCO <sub>2</sub> e/gal
Gasolina	8,15	kgCO <sub>2</sub> e/gal
Biodiesel	9,44	kgCO <sub>2</sub> e/gal
Biogasolina	7,17	kgCO <sub>2</sub> e/gal

Kerosene	9,71	kgCO <sub>2</sub> e/gal
Crudo de Castilla	11,72	kgCO <sub>2</sub> e/gal
Carbón	2,45	kgCO <sub>2</sub> e/Kg
Bagazo	1,68	kgCO <sub>2</sub> e/Kg
Leña	1,84	kgCO <sub>2</sub> e/Kg
Gas natural	1,86	kgCO <sub>2</sub> e/Nm <sup>3</sup>
Gas propano	8,21	kgCO <sub>2</sub> e/Nm <sup>3</sup>

Fuente: Ministerio de Minas y Energía y Unidad de Planeación Minero Energética (2016).

### Emisiones de GEI Indirectas debido al uso de energía

Generación de energía: Estas emisiones son generadas físicamente en las instalaciones donde es generada la energía. Para efectos de cuantificación, debido a que en Colombia no se tiene determinado “un factor de emisión asociado al consumo de energía eléctrica adquirida, se toma como base lo establecido por la agencia internacional de energía (IEA por sus siglas en inglés) cuyo valor será de 0,136 KgCO<sub>2</sub>/KWh”.

### Factores de emisión para otros procesos

Debido a la naturaleza de las actividades de la organización, es necesario cuantificar otras fuentes de GEI así (ver Tabla 3).

Tabla 3  
Otros factores de emisión

Actividad	Factor de emisión	
	Cantidad	Unidad
Tratamiento de agua residual convencional	24,3 <sup>6</sup>	kgCO <sub>2</sub> /persona
Tratamiento de lodos	5,63	kgCO <sub>2</sub> e/kgD- QO
Disposición de residuos sólidos (relleno sanitario)	12,83	kgCO <sub>2</sub> /kg RS
Consumo de madera	1,15	kgCO <sub>2</sub> e/kg

Fuente: Ministerio de Minas y Energía y Unidad de Planeación Minero Energética (2016) (UPME, 2016).

<sup>6</sup> El IPCC calcula en 73 kgCO<sub>2</sub>/persona, debido a que la jornada laboral es de 8 horas día, se estima la proporción por tiempo para efectos de cálculo.

## Recolección de datos

El seguimiento a los programas de gestión ambiental cuenta con una base de datos importantes que nutre los indicadores propuestos para el cumplimiento de las metas ambientales.

Estos datos de línea base serán los empleados para estimar los gases de efecto invernadero producidos por la organización en el desarrollo de sus actividades.

## Factores de emisión

Los factores de emisión se encuentran definidos en la Tabla 2 (Factores de emisión) y Tabla 3 (Otros factores de emisión). Para el factor de consumo de energía se debe tomar el valor de 0.136 KgCO<sub>2</sub>/KWh.

En cuanto al CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC y PFC, para efectos de cuantificación de los GEI no se contemplan debido a que no están asociadas a un factor de emisión.

## Cálculo de la huella de carbono

$$C.A * F.E = E.G.E.I \quad (1)$$

Donde:

C.A = Carga ambiental

F.E = Factor de emisión

E.G.E.I = Emisiones de gases efecto invernadero

Esto se refiere básicamente a la información susceptible a medición, tal y como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4

Unidades de medida

Carga ambiental	Unidad de medida
ACPM	Gal <sup>7</sup>
Gasolina	Gal
Tratamiento de residuos líquidos	Kg DQO <sup>8</sup>
Tratamiento de aguas residuales domésticas	n.º personas
Disposición de residuos sólidos	Kg <sup>9</sup> no reciclables.
Madera dispuesta	Kg
Gas propano	Nm <sup>3</sup>
Gas Natural	Nm <sup>310</sup>

Fuente: Autores.

El resultado de la ecuación se expresa en kgCO<sub>2</sub> equivalente.

<sup>7</sup> Gal= Galones

<sup>8</sup> DQO= Demanda química de oxígeno

<sup>9</sup> Kg= Kilogramos

<sup>10</sup> Nm<sup>3</sup> =Metros cúbicos normales

## Interpretación de datos

Los resultados obtenidos sirven para identificar actividades que generan GEI y plantear estrategias en su reducción. Se deben generar gráficas con el fin de visualizar el comportamiento con sus respectivas líneas de tendencia, según el formato de seguimiento, en la última versión disponible.

Una vez se estima la huella de carbono, se procede a establecer la compensación en número de árboles a plantar por tCO<sub>2</sub> equivalente emitida a la atmósfera.

## Resultados huella de carbono

El formato de seguimiento fue implementado desde septiembre de 2017; por tanto, se tiene una base de información adecuada para ver el comportamiento de la organización frente a la generación GEI. Por razones de protección de nombre de la organización, los formatos de seguimiento no pueden ser incluidos en el documento. Desde septiembre de 2017 se tienen los resultados que se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5

Generación GEI 2017

Tipo	Cantidad	Unidad
Diesel	4,74	tCO <sub>2</sub> e
Gasolina	0,47	tCO <sub>2</sub> e
Energía eléctrica	8,31	tCO <sub>2</sub> e
Residuos no reciclables	13,55	tCO <sub>2</sub> e
Personal	12,39	tCO <sub>2</sub> e
Total	39,5	tCO <sub>2</sub> e <sup>11</sup>

Fuente: Autores con base en información suministrada por la organización.

Se produjeron para este año un total de 39,5 tCO<sub>2</sub>e. En la distribución mensual encontramos que noviembre, con 11,07 tCO<sub>2</sub>e, fue el de mayor generación de GEI. Este incremento se debe principalmente al aumento en de residuos sólidos no reciclables; el detalle se observa en la Figura 4.

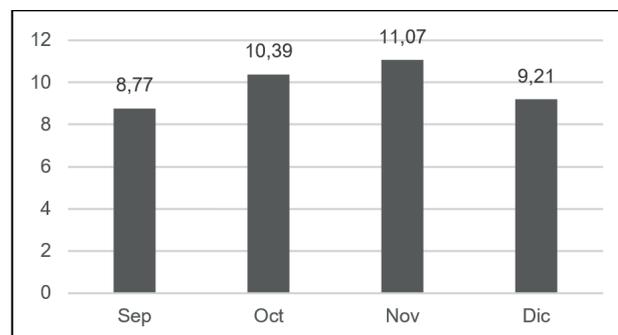


Figura 4. Generación mensual de GEI para el año 2017 en tCO<sub>2</sub>e. Fuente: Autores.

<sup>11</sup> CO<sub>2</sub> e = Dióxido de carbono equivalente

Para el año 2018 se generaron 123,49 tCO<sub>2</sub>e, las cuales fueron generadas principalmente por los residuos sólidos no reciclables, con una participación de 43,27 %, seguidamente de los vertimientos generados por el uso de los servicios sanitarios, con un 25,43 %. Estos dos ítems suman casi el 70 % del total de la generación de GEI. Los demás componentes suman un 31,3 % del total de la participación (ver Tabla 6 y Figura 5).

Tabla 6  
Generación GEI 2018

Tipo	Cantidad	Unidad
Diesel	12,78	tCO <sub>2</sub> e
Gasolina	1,57	tCO <sub>2</sub> e
Energía eléctrica	24,3	tCO <sub>2</sub> e
Residuos no reciclables	53,44	tCO <sub>2</sub> e
Personal	31,40	tCO <sub>2</sub> e
<b>Total</b>	<b>123,49</b>	<b>tCO<sub>2</sub> e<sup>12</sup></b>

Fuente: Autores, basados en información suministrada por la organización. Nota: \*p<0.05. La abreviatura e.u. se refiere a "educación universitaria". Fuente: Reimpresión de Alvarez y Texas (2012).

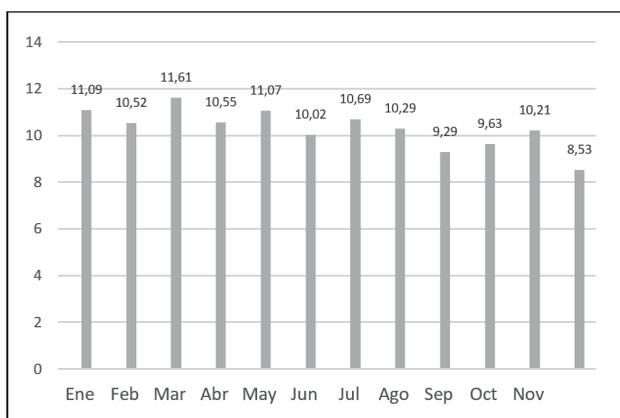


Figura 5. Generación mensual de GEI para el año 2018 en tCO<sub>2</sub>e. Fuente: Autores.

El promedio de generación de GEI fue de 10,29 tCO<sub>2</sub>e mensual, y diciembre fue el mes con menor generación de GEI, con 8,53 tCO<sub>2</sub>e, mientras que marzo fue el mes con mayor generación, con 11,61 tCO<sub>2</sub>e. Estas variaciones se dan debido a la diferenciación del volumen de residuos sólidos no reciclables (ver Tabla 7).

Tabla 7  
Generación GEI 2019

Tipo	Cantidad	Unidad
Diesel	4,1	tCO <sub>2</sub> e
Gasolina	0,7	tCO <sub>2</sub> e
Energía eléctrica	11,7	tCO <sub>2</sub> e
Residuos no reciclables	11,6	tCO <sub>2</sub> e

12 CO<sub>2</sub> e = Dióxido de carbono equivalente

Personal	14,9	tCO <sub>2</sub> e
<b>Total</b>	<b>43,07</b>	<b>tCO<sub>2</sub> e<sup>13</sup></b>

Fuente: Autores con base en información suministrada por la organización.

Para julio de 2019, la generación de GEI ha sido de 43,07 tCO<sub>2</sub>e, donde el 34,7 % fue generado a causa de las aguas residuales, y el 27,2 % y el 27 % fueron generados por el consumo de energía eléctrica y la generación de residuos sólidos, respectivamente.

Esta variación frente a los años anteriores se debe a la disminución de personal en la empresa, debido a reestructuración interna que se viene presentando desde mayo del presente año.

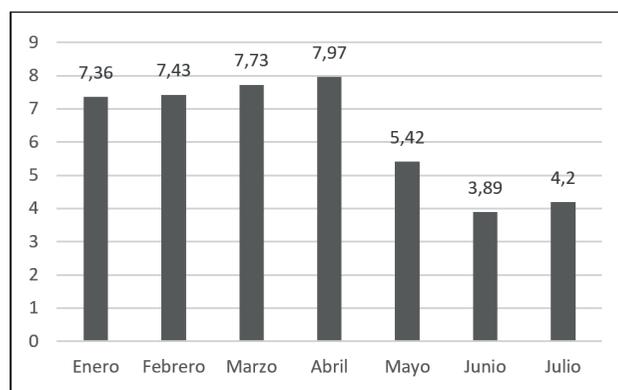


Figura 6. Generación mensual de GEI para el año 2019 en tCO<sub>2</sub>e. Fuente: Autores.

Para el año 2019, se ha generado 43,07 tCO<sub>2</sub>e, que presenta una reducción evidente desde mayo, debido a la reducción de personal que ha ocurrido. Junio fue el mes con mejor generación de GEI.

A pesar de esta disminución evidente en el año 2019, se determinó la tendencia de esta serie temporal mediante el método analítico de los mínimos cuadrados (Nieves Hurtado y Domínguez Sánchez, 2014). La serie por analizar fue:

2017 = 39.5 tCO<sub>2</sub>e  
2018 = 123.5 tCO<sub>2</sub>e  
2019 = 43.07 tCO<sub>2</sub>e

Para ello tenemos entonces que:

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n * \sum xy - \sum y}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b * \sum x}{n}$$

Elaboramos los valores para x<sup>2</sup>, y<sup>2</sup>, y x\*y (ver Tabla 8).

13 CO<sub>2</sub> e = Dióxido de carbono equivalente

Tabla 8  
 Cálculo de variables para el mínimo cuadrado

x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x*y
1	39,5	1	1.560,25	39,50
2	123,5	4	15.252,25	247,00
3	43,07	9	1.855,02	129,21
<b>Σ</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>18.667,52</b>	<b>415,71</b>

Fuente: Autores.

Si reemplazamos, tenemos:

$$n = 3$$

$$b = 1,8$$

$$a = 65,1$$

Si quisiéramos pronosticar cuántas toneladas se generarían para el cuarto periodo (2020), tenemos entonces que:

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = 65,1 + (1,8 \cdot 4)$$

$$y = 72,3 \quad \text{para el periodo 4 (2020)}$$

### Prácticas ambientales en los trabajadores durante las actividades generadoras de GEI.

La capacitación es tal vez la herramienta más utilizada en términos de gestión ambiental empresarial cuando se introducen mejoras en los sistemas de gestión ambiental; además, forma parte del compromiso de toma de conciencia del personal, bajo el contexto de la norma ISO 14001:2015.

En muchas ocasiones, los trabajadores desconocen el tema por completo, pese a que muy seguramente lo han escuchado nombrar en otros sitios.

En este caso se realizaron dos actividades de capacitación. Se realizó una capacitación en 2018 para el personal administrativo y otra en una obra donde la organización estaba desarrollando sus actividades en 2019, para explicar en qué consiste la huella de carbono y cómo se realiza la medición, qué factores son los que influyen en el aumento de los GEI y el objetivo de realizar esta medición.

La primera actividad se desarrolló el viernes 23 de marzo de 2018 con una duración de 1 hora, donde se tuvo una asistencia de 78 personas, lo que corresponde al 72 % de total de la planta de personal administrativa. Hay que tener en cuenta que no se puede lograr el 100 % de la asistencia, debido a que algunos colaboradores no se encontraban en las instalaciones.

La segunda actividad de capacitación del personal se llevó a cabo en el municipio de Doradal, en el

departamento de Antioquia. La jornada de capacitación se realizó el jueves 14 de marzo de 2019 con una duración de 1 hora; a esta actividad asistieron 269 personas, que corresponde al 93 % del total de los trabajadores. Este alto porcentaje evidencia la activa participación del personal del proyecto y el compromiso de la alta gerencia para facilitar el tiempo para el desarrollo de esta actividad (ver Figura 7).

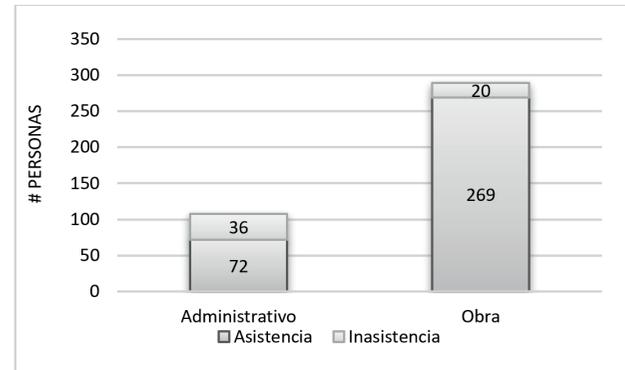


Figura 7. Asistencia a las capacitaciones realizadas. Fuente: Autores.

### Campaña de sensibilización ambiental “siembra un árbol, siembra vida”

La campaña ambiental tiene como objetivo final la siembra de un árbol que deberá cuidar cada trabajador y su familia, de ser posible. Esta actividad busca crear conciencia entre el núcleo familiar y darle el valor que tiene un árbol, que muchas veces no es valorado más que por su madera.

La campaña ambiental desarrollada consistió en darle a cada trabajador una bolsa con 10 semillas aproximadamente, una matera pequeña, sustrato para siembra y las instrucciones para la germinación de la planta. La especie a utilizar fue *Tecoma stans*, nombre común Chicalá, un árbol de talla pequeña muy utilizado en la región como planta ornamental. En el Anexo 1 se adjunta el póster utilizado en la campaña para invitar al personal de campo a participar en la jornada de entrega del kit de siembra.

Según los registros de asistencia a la actividad, se presentaron 253 trabajadores, lo que corresponde al 87 % del personal en obra.

Si bien se esperaba más personal, teniendo en cuenta que a la capacitación de huella de carbono asistieron 269 personas, el material sobrante fue entregado a personal de otros contratistas para que se pudieran aprovechar los kits de siembra, que en total fueron a 310 unidades (ver Figura 8).

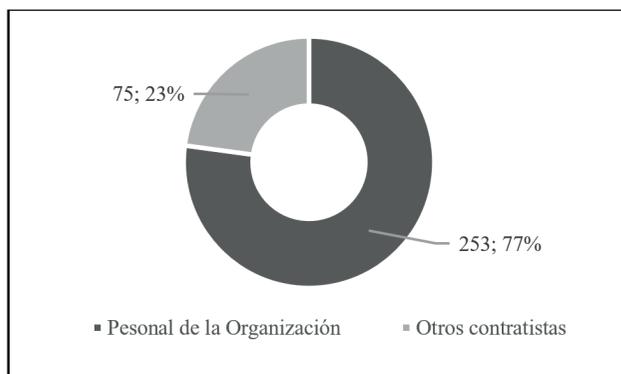


Figura 8. Entrega de Kit de siembra a los trabajadores. Fuente: Autores.

### Compensación basada en la cantidad de GEI emitidos durante el periodo de medición

Teniendo en cuenta la información recolectada en el periodo de tiempo establecido, ahora es necesario plantear una compensación por los GEI emitidos al ambiente, bien sea una fracción o completa, tomando algunos criterios como disponibilidad de alternativas como reforestación o actividades de mecanismos de desarrollo limpio.

Se propone a la organización iniciar con la compensación del 50 % de los GEI emitidos y aumentar anualmente 10 % hasta llegar en el año 2022 al 100 % de la compensación de los GEI emitidos.

### Alternativas de compensación

Actualmente se cuentan con varias alternativas para realizar la compensación de GEI, entre las que hay organizaciones que ofrecen realizar estas compensaciones a cambio de un aporte económico. Como la fundación Natura, por medio de actividades de compra de bonos y reforestación en zonas de protección o en zonas de recuperación.

El Gobierno nacional, bajo la resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de las que trata el artículo 175 de la ley 1753 de 2015, dicta otras disposiciones y establece algunas alternativas para mitigar las emisiones de GEI, así:

- Proyecto y programa REDD+
- Programa sectorial de mitigación de GEI
- Acción de mitigación nacionalmente aprobada – NAMA
- Proyectos y programas de desarrollo bajo en carbono – PDBC
- Proyectos de mecanismo de desarrollo limpio – MDL
- Programas de actividades del mecanismo de desarrollo limpio – MDL-PoAs

Teniendo en cuenta las anteriores alternativas para realizar la compensación de la huella de carbono, el método más adecuado según las condiciones del territorio colombiano sería adoptar el emprendimiento de proyecto de REDD+, el cual ofrece varios servicios ambientales entre los que está como primera instancia compensar la huella de carbono, contribuir con la disminución de la tasa de deforestación en Colombia, producir oxígeno y aumentar el hábitat de otras especies de fauna y flora. Si estas compensaciones se realizan en zonas estratégicas, podrían contribuir a fortalecer los corredores ecológicos de las reservas existentes.

Según la Secretaría Distrital de Ambiente, en su programa de gestión ambiental empresarial en el informe voluntario de huella de carbono corporativa versión 3.0, un árbol captura 280kg/árbol. Tomando como referencia este valor y el % de compensación planteado en el procedimiento, se debería realizar la siguiente compensación para los años 2017 a 2019 (ver Tabla 9):

Tabla 9  
Número de árboles por plantar para la compensación

Año	tCO <sub>2</sub> Emitidas	Nº Árboles por plantar (100 % compensación)	Nº Árboles por año
2017	39,50	141	71
2018	123,49	441	265
2019	43,07	154	108

\*\*\*p<0.001. Fuente: Autores.

Debido a que en el procedimiento se establece que inicialmente se compense el 50 % y se aumente 10 % cada año, hasta llegar al 100 % de la compensación para el año 2022, los valores presentados en la casilla n.º de árboles a plantar cada año corresponde a los valores de 50 % para 2017; 60 % para el año 2018, y 70 % para el año 2019.

### Conclusiones

El objetivo general de la investigación de estimar la huella de carbono para el periodo comprendido entre septiembre de 2017 y julio de 2019 en una empresa IPC se ha cumplido, teniendo como resultados para el año 2017 39,5 tCO<sub>2</sub>e; para 2018 123,49 tCO<sub>2</sub>e y para el año 2019 43,07 tCO<sub>2</sub>e, con un promedio general del periodo de estudio de 8,95 tCO<sub>2</sub>e emitidos a la atmósfera por esta organización de forma mensual.

Para estimar los posibles valores de los periodos subsiguientes, se interpolaron estos resultados mediante el método de mínimos cuadrados, usado para buscar valores desconocidos cuando se tienen valores de muestras del mismo evento. Si bien es cierto que este método es uno de los más simples y que no es el más preciso, su aplicación permitió estimar una generación aproximada de 72.3 tCO<sub>2</sub>e para el año 2020 (4.º periodo).

La identificación de las actividades generadoras de GEI se llevó a cabo con información confidencial actualizada suministrada por la organización. Esta información incluyó el mapa de procesos, matriz de peligros y riesgos, así como la matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales, teniendo la oportunidad de realizar un análisis detallado sobre todas las actividades que ejecutan. Basado en lo anterior, se puede afirmar que se han incluido todas las actividades que realizan y generan GEI, que fueron caracterizadas y consideradas para la estimación de la huella de carbono. Esta información generó un listado de actividades generadoras de GEI, la cual se pudo agrupar según su origen y así iniciar la medición de las actividades.

- Consumo de combustible fósil
- Consumo de energía eléctrica
- Generación de madera como residuo
- Generación de residuos sólidos no reciclables
- Generación de vertimientos (agua residual domestica)
- Generación de lodos producto de tratamiento de agua residual

Se generó el procedimiento para la medición de GEI, con base en la Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectoria de la CAR, la cual se ajusta parcialmente a los requerimientos de la organización. Esto, con su respectivo formato en Excel para su diligenciamiento por parte del personal responsable, como se ve en la Figura 9.

Las actividades que representan la GEI son:

LOGO		ESTIMACION DE LA HUELLA DE CARBONO				Tipo	
						Codigo	
Nota: Solo llenar los cuadros grises		Fecha					
Obra							
Periodo de reporte							
Responsable							
FUENTE DE EMISION	DESCRIPCIÓN	CONSUMO		FACTOR DE EMISION		HUELLA DE CARBONO	
		CANT	UND	CANT	UND	Ton CO2 equivalente	
Consumo de Combustible	ACPM		Gal	10,15	kgCO <sub>2</sub> e/gal		
	Gasolina		Gal	8,15	kgCO <sub>2</sub> e/gal		
	Biodiesel		Gal	9,44	kgCO <sub>2</sub> e/gal		
	Biogasolina		Gal	7,17	kgCO <sub>2</sub> e/gal		
	Kerosene		Gal	9,71	kgCO <sub>2</sub> e/gal		
	Crudo de castilla		Gal	11,72	kgCO <sub>2</sub> e/gal		
	Carbón		Kg	2,45	kgCO <sub>2</sub> e/kg		
	Bagazo		Kg	1,68	kgCO <sub>2</sub> e/kg		
	Leña		Kg	1,84	kgCO <sub>2</sub> e/kg		
	Gas Natural		Nm <sup>3</sup>	1,86	kgCO <sub>2</sub> e/Nm <sup>3</sup>		
	Propano		Nm <sup>3</sup>	8,21	kgCO <sub>2</sub> e/Nm <sup>3</sup>		
<b>Subtotal Huella de carbono por consumo de combustibles</b>							
Consumo de energía eléctrica	C. Energía		kW/h	0,136	kgCO <sub>2</sub> e/kWh		
	<b>Subtotal Huella de carbono por consumo de energía eléctrica</b>						
Generación de residuos	R. No reciclables		Kg	12,83	kgCO <sub>2</sub> /kg RS		
	<b>Subtotal Huella de carbono por disposición de residuos</b>						
Consumo de madera	Madera Dispuesta		Kg	1,15	kgCO <sub>2</sub> /kg		
	<b>Subtotal Huella de carbono por consumo de madera</b>						
Tratamiento de aguas residuales domésticas	Personal en obra		Und	24,3	kgCO <sub>2</sub> /persona		
	Tratamiento Lodos		Kg DQO	5,63	kgCO <sub>2</sub> e/kgDQO		
	<b>Subtotal Huella de carbono por tratamiento y generacion agua</b>						
<b>Total Huella de carbono</b>							

Figura 9. Formato implementado para le estimación de la huella de carbono. Fuente: Autores.

Este formato fue diligenciado de manera mensual por los responsables de realizar seguimiento de la huella de carbono. Su implementación, junto con la divulgación del procedimiento al personal, fue el inicio oficial ante la organización, puesto que previamente ya se había realizado un trabajo con la alta dirección de sensibilización para que se diera el aval en la implementación de la estimación de la huella de carbono.

Los resultados de las campañas de sensibilización que se realizaron son exitosos a nivel cobertura, pues se tuvo una amplia participación en el proyecto donde se presentó la campaña, con una asistencia del 93 % del total del personal. Hay que precisar que este alto grado de asistencia demuestra en gran parte el compromiso que tiene la alta dirección y las directivas del proyecto con los temas relacionados con el medioambiente.

La segunda actividad de capacitación que se desarrolló tuvo menos acogida que la inicial, con un 72 % de asistencia del total del personal presente en las instalaciones. Generalmente, la presencia a las actividades de capacitación en las instalaciones de la organización es menor, debido a que algunos colaboradores no se encuentran en la oficina de manera permanente, o se encuentran atendiendo obligaciones previamente adquiridas.

La actividad de sensibilización realizada con el personal de campo también se llevó a cabo de manera exitosa, pues se entregó a 253 trabajadores el kit de siembra. Los comentarios de los trabajadores fueron positivos; generalmente son de agrado aquellas actividades que incluyen a la familia y llevan un mensaje, en este caso el de cuidar el medioambiente.

La propuesta de compensación presentada a la organización fue socializada a la alta dirección en el comité mensual que se llevó a cabo en el mes de noviembre de 2019 por parte de la gerencia de seguridad, salud y medio ambiente HSE (por sus siglas en inglés). En esta propuesta se hizo énfasis en la importancia en apoyar proyectos de reforestación que aporten a disminuir la tasa de deforestación que presenta Colombia, y que ha ido en aumento en los últimos años, según reporta el IDEAM.

No obstante, aunque la construcción es un sector clave para el crecimiento económico, para el fomento del empleo y para mejorar la calidad de vida de las personas, hay que tener presente que “cerca del 70 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero provienen del sector de la construcción de infraestructura, y finalizada el construcción, proviene de la operación de las plantas de energía de los edificios y del transporte” (Saha, 2018). Este es un factor a tener en cuenta para hacer que la estimación de la huella de carbono en empresas de ingeniería y construcción sea una regla general.

### Recomendaciones

Conforme a los procesos de mejora continua y mejoramiento de procesos dentro de las organizaciones, se realizan las siguientes recomendaciones con el fin de mantener y mejorar la estimación de la huella de carbono.

Actualizar el procedimiento con nuevas actividades, teniendo en cuenta las fuentes de información incluidas en el documento. Así mismo, se recomienda incluir las otras fuentes de generación de GEI diferentes al CO<sub>2</sub>, la meta de compensación y la forma en la que se realizará la compensación.

Se considera esencial continuar con la estimación de la huella de carbono en la organización de manera mensual, garantizando que los datos base sean tomados

de manera adecuada. Para mantener la confiabilidad de la información, se recomienda que los equipos utilizados en las mediciones cuenten con su certificado de calibración vigente y la manipulación de los equipos sea la adecuada para evitar desviaciones en los datos.

Así mismo, se recomienda aplicar las alternativas de compensación establecidas en la resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, enfocadas en la reducción de la tasa de deforestación en Colombia. Además, se sugiere implementar mecanismos de desarrollo limpio, con el propósito de reducir las emisiones de GEI, enfocado en la adopción del uso de energías alternativas que buscan la reducción de consumo de combustible fósil. También se recomienda fortalecer las estrategias para la reducción en la generación de residuos sólidos no reciclables como agente causante de GEI en su proceso de disposición final.

Se sugiere continuar con la capacitación del personal para generar conciencia y hábitos en la identificación de actividades generadoras de GEI, con el fin de realizarlas de manera eficiente y de generar solo las emisiones necesarias para realizar la actividad. Además, es importante realizar actividades referentes a la huella de carbono de manera semestral. Estas actividades lúdicas pueden incluir rendición de cuentas conforme a los resultados en compensación y reducción, y la divulgación de metas a corto y mediano plazo de la organización.

Se recomienda realizar actividades de empoderamiento al personal respecto a la huella de carbono. Esto puede brindar ventajas organizacionales frente al desarrollo de las actividades generadoras de GEI, con lo que se optimicen los recursos y se reduzcan las emisiones a la atmósfera.

Se recomienda realizar un análisis integral de los procesos de compras de materiales y productos e implementar estrategias para la reducción de residuos generados por los empaques recibidos de los materiales adquiridos. Esta estrategia podría reducir las emisiones de GEI por concepto de generación de residuos no reciclables.

### Referencias

- Arango, S. y Torres, A. (2008). Incidencias económicas del etanol como combustible en Colombia sobre los derivados de la caña de azúcar: Una aproximación con dinámicas de sistemas. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 5(2), 69-75.
- Badilla, P., Elizondo, J., Fernández, T., Quesada, M., Méndez, J. y Mora, F. (2015). *Cálculo de huella de carbono para materiales de construcción en Costa Rica* [trabajo de grado, Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3212>

- CAR, CAEM y Camara de Comercio de Bogotá. (2013). *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial*.
- Food and Agriculture Organization FAO. (2013). *La FAO, los bosques y el cambio climático*.
- García-Mendez, S., Galvis-Rojas, Y. P. y Ortiz-Olago, J. A. (2020). Relación entre clima organizacional y riesgo psicosocial intralaboral de una empresa de transporte en Bucaramanga. *I+D Revista de Investigaciones*, 15(1), 61–68. <https://doi.org/10.33304/revinv.v15n1-2020007>
- García Gómez, A. M., Guzmán Duque, A. y Mendoza Paredes, J. (2017). Valorando la RSE por los stakeholders-internos: caso sector de la construcción en Bucaramanga. *I+D Revista de Investigaciones*, 9(1), 10–115. <https://doi.org/10.33304/revinv.v09n1-2017010>
- García, H. (2012). *Deforestación en Colombia: retos y perspectivas*. Fedesarrollo. <http://hdl.handle.net/11445/337>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC. (2014). *El quinto informe de evaluación*. [https://archive.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml](https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml)
- Hünerberg, M., McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., Okine, E. K., Harstad, O. M. y McAllister, T. A. (2013). Effect of Dried Distillers Grains Plus Solubles on Enteric Methane Emissions and Nitrogen Excretion from Growing Beef Cattle. *Journal of Animal Science*, 91(6), 2846–2857. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5564>
- ISO 14067. (2018). *Gases efecto invernadero-huella de carbono de productos*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:es>
- ISOTools. (2017). *HSE en las organizaciones*. <https://www.isotools.org/2017/02/07/hse-las-organizaciones/>
- Laguado, L. A. (2018). El proceso de diseño apoyado con estrategias para selección de materiales y procesos. *I+D Revista de Investigaciones*, 11(1), 27–37. <https://doi.org/10.33304/revinv.v11n1-2018003>
- Ministerio de Agricultura y M. A. F. (2018). *Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2004-2014*. MAGBMA and FAO.
- Ministerio de Minas y Energía y Unidad de Planeación Minero Energética. (2016). *Proyección de demanda de combustibles líquidos en Colombia*. <http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/ProyecciónDemandaLíquidos-Rev2016.pdf>
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cualitativa y cuantitativa*.
- Nieves Hurtado, A. y Domínguez Sánchez, F. (2014). *Métodos numéricos aplicados a la ingeniería* (1.ª ed.). Grupo Editorial Patria.
- Organización Internacional del Trabajo. (1992). *Seguridad y salud en la construcción* (1.ª ed.) Oficina Internacional del Trabajo.
- Prevenicar. (2016). *Supervisores de seguridad en las obras en construcción*. <https://prevenicar.com.co/2016/11/01/supervisores-seguridad-las-obras-construccion/>
- Rueda Galvis, J. F., Herrera Guzmán, A. y Rueda Galvis, M. A. (2020). La gerencia sostenible como modelo de responsabilidad social. *I+D Revista de Investigaciones*, 15(1), 86–98. <https://doi.org/10.33304/revinv.v15n1-2020010>
- Saha, D. (2018). *Low-Carbon Infrastructure: An Essential Solution to Climate Change?* WORLD BANK-BLOG. <https://blogs.worldbank.org/ppps/low-carbon-infrastructure-essential-solution-climate-change#:~:text=As the name suggests%2C low,to extreme climate change events.>
- Secretaría Distrital de Ambiente-Subdirección de Políticas y Planes Ambientales. (2015). *Guía para el cálculo y reporte de huella de carbono corporativa*. [http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f64a7ccd-8a76-4d0d-b6de-33a3f08576fc&groupId=586236](http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=f64a7ccd-8a76-4d0d-b6de-33a3f08576fc&groupId=586236)
- Tubiello, F., Córdor-Golec, R., Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S., Ferrara, A., Rossi, S., Flammini, A., Cardenas, P., Biancalani, R., Jacobs, H., Prasula, P. y Prosperi, P. (2015). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. <http://www.fao.org/3/a-i4260s.pdf>
- Uribe Botero, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. [https://latinclima.org/sites/default/files/documentos/cambio\\_climatico\\_y\\_biodiversidad\\_en\\_america\\_latina.pdf](https://latinclima.org/sites/default/files/documentos/cambio_climatico_y_biodiversidad_en_america_latina.pdf)
- Vallejo, A. L., Vallejo, M. Á., Nájera, J. y Garnier, L. A. (2017). *Guía metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera*. <http://www.fao.org/3/a-i8333s.pdf>
- Wackernagel, M. y Rees, W. (2001). *Nuestra huella ecológica. Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra* (1.ª ed.). Editorial LOM.

**Anexo 1**



# Huella de carbono



**Jueves 14 de marzo 11:00 am**

**Lugar: Comedor**