

Metodologías para la estimación de la huella de CO₂ en instituciones de educación superior: explorando un modelo para implementar en la Escuela

Methodologies for estimating carbon footprint in higher education institutions: Exploring models for implementation at Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

MARÍA CAROLINA ROMERO PEREIRA¹ - JUAN SEBASTIÁN SALAZAR HENAO² - THOMAS HOESS³

1. Ingeniera civil, Pontificia Universidad Javeriana. M.Sc. (E) en Ingeniería Ambiental y Gerencia de Proyectos, University of Leeds. Profesora de planta de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
2. Ingeniero ambiental y M.Sc. (E) en Ingeniería Ambiental, Universidad de los Andes.
3. Estudiante de Ingeniería Ambiental, Instituto Técnico de Múnich.

maria.romerop@escuelaing.edu.co - juan.salazar-h@escuelaing.edu.co - thomashoess@hotmail.com

Recibido: 24/10/2019 Aceptado: 15/03/2020

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

La estimación de la huella de CO₂ de una actividad, producto o servicio permite reconocer cuáles son las actividades susceptibles de cambios por su potencial de reducción del impacto ambiental (Phansalkar, 2017). Hacer esta estimación en una institución permite identificar estrategias de reducción del impacto ambiental con la mejor relación costo-beneficio (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2009).

En este artículo se analiza cuál sería la mejor metodología para estimar la huella de CO₂ en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, con base en los supuestos de los propósitos de medición en esta institución de educación superior (IES). Para esto, se analizaron las metodologías empleadas actualmente en 40 IES de todo el mundo, estableciendo criterios de comparación y contrastando ventajas y desventajas de cada una.

En este orden de ideas, se recomienda adoptar una metodología basada en los principios del GHG Protocol, a través de una herramienta propia de cálculo ajustada a las particularidades de la institución, partiendo del propósito de estimar la huella de CO₂ en la Escuela para obtener resultados comparables con los de otras IES, soportar la toma de decisiones para reducir las emisiones de manera efectiva y orientar el desarrollo de esta medición con fines académicos e investigativos.

Palabras claves: huella de CO₂/carbono, estimación de la huella de carbono, métodos de contabilidad de carbono.

Abstract

Estimating carbon footprint (CF) for an activity, product or service allows recognizing the most impacting activities and, thus, those activities can be subject to changes for effectively reducing an organization's environmental impacts (Phansalkar, 2017). Estimating CF for higher education institutions (HEI) allows identifying strategies for reducing environmental impact with a good cost-benefit ratio (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2009).

This article analyzes the best methodology for estimating the carbon footprint at Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, starting from assuming the purposes of this measure for the university. Methodologies currently used in 40 HEIs around the world were analyzed, contrasting their advantages and disadvantages.

Starting from the purposes of: i) estimating the carbon footprint to obtain results comparable to those of other HEIs; ii) supporting decision-making to reduce emissions effectively; and iii) guiding the development of this measurement for academic and research purposes; it was predicted that the best option is to adopt a methodology based on the principles of the GHG Protocol, using a spreadsheet tailored to the particularities of the institution.

Keywords: carbon footprint, estimating carbon footprint, carbon accounting methods.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una de las preocupaciones que más inquietan a las naciones. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés), para poder mitigar sus efectos debe producirse una drástica reducción de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente en las naciones industrializadas. El punto de partida para el establecimiento de medidas eficientes de mitigación del cambio climático es la estimación de sus aportes de GEI. Dicha estimación al nivel de análisis de ciclo de vida (ACV) se conoce como cálculo de la huella de CO₂, o huella de carbono.

Conocer la contribución de GEI por parte de los países y organizaciones en general permite tomar decisiones orientadas a reducir sus emisiones y, en consecuencia, a mitigar el cambio climático (Fabián Chavarría-Solera, 2016). La estimación de la huella de CO₂ en el plano sectorial y de organizaciones favorece la formulación de medidas de mitigación más pertinentes.

En materia organizacional, la estimación de la huella de CO₂ permite identificar estrategias específicas de reducción con la mejor relación costo-beneficio (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2009). Es así como numerosas instituciones de educación superior (IES) estiman su huella de CO₂ como punto de partida para la toma de acciones encaminadas a lograr la sostenibilidad ambiental institucional.

En este artículo se busca determinar cuál podría ser la mejor manera de estimar la huella de CO₂ en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, partiendo del supuesto de los siguientes objetivos:

- Propiciar un espacio académico e investigativo en materia de estimación y mitigación de la huella de CO₂.
- Realizar la estimación de la huella de CO₂ institucional con periodicidad anual.
- Comparar los resultados con los de otras IES en los ámbitos nacional e internacional.
- Brindar soporte para la toma de decisiones en materia de mitigación del impacto ambiental de la institución.

Para esto, se revisaron y compararon las características de los estándares internacionales que permiten el reconocimiento de la medición de la huella de CO₂

a escala institucional y se identificaron los estándares y herramientas de cálculo implementados por 40 IES que miden su huella de CO₂ en los ámbitos nacional e internacional.

HUELLA DE CO₂ Y ACV

En 1993, la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (Setac, por su sigla en inglés) estableció la primera definición oficial del ACV, entendido como el “proceso objetivo que permite evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad”, a través de la identificación y estimación del uso de materia y energía, y los vertidos al entorno durante todo su ciclo de vida, es decir, desde la extracción de materiales hasta su disposición final (ICONTEC, 2007). En la actualidad, la norma ISO 14040 define el ACV como “la recopilación y evaluación de las entradas y salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema o producto a través de su ciclo de vida” (Organización Internacional de Normalización - ISO, 2006).

El cálculo de la huella de CO₂ es un ACV centrado en la evaluación de la carga ambiental de GEI, contabilizado en términos de CO₂, asociado a un producto o actividad. Una de las definiciones más aceptadas de la huella de CO₂ es la propuesta por Thomas Wiedmann y Jan Minx, según la cual se trata de “una medida de la cantidad total de emisiones de dióxido de carbono que es causada directa o indirectamente por una actividad, o que surge a través de las etapas de la vida de un producto o actividad” (Thomas Wiedmann y Jan Minx, 2007)

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CO₂

Existe una metodología general para la estimación de la huella de CO₂, que es acogida y profundizada por los estándares internacionales, según la cual para estimar la huella de CO₂ se deben desarrollar tres etapas fundamentales (Spannagle, 2003) (Wintergreen & Delaney, 2006).

1. Establecimiento de los límites o fronteras de la estimación

Los límites de la estimación de la huella de CO₂ deben considerar los límites físicos y operacionales de la medición.

Los límites físicos hacen referencia a las instalaciones donde existe un control por parte de la organización, bien sea como autoridad para ejercer políticas financieras y operacionales o como accionista de capital.

Los límites operacionales se refieren a las actividades realizadas en las instalaciones de la organización que se tomarán en cuenta para la estimación de la huella de CO₂. Se contemplan aquellas actividades que producen emisiones directas de GEI, tales como la combustión de combustibles fósiles para generación de energía o calor. A su vez, se incluyen actividades que emiten GEI de manera

indirecta, pero que se desarrollan en las instalaciones de la organización, como el consumo de energía eléctrica. Según el alcance del análisis, pueden incluirse actividades que generan emisiones de GEI fuera de los límites físicos de la instalación, como el transporte de los empleados (por ejemplo, uso de vehículos particulares, transporte público y viajes aéreos).

2. Cuantificación de las emisiones de GEI

El primer paso en la cuantificación de las emisiones de GEI consiste en identificar las principales fuentes de emisión a partir de los límites físicos y operacionales establecidos. Posteriormente, se debe seleccionar el mejor método de cálculo, en consonancia con las fuentes identificadas. Los estándares internacionales para la estimación de la huella de CO₂ reconocen varios métodos para el cálculo de las emisiones de GEI: la medición directa por medio de un monitoreo de concentraciones y tasas de flujo; el cálculo de las emisiones a partir de balances de masa y cálculos estequiométricos para procesos específicos ejecutados en las instalaciones de la organización. El método más utilizado consiste en la aplicación de factores de emisión documentados y estandarizados. Los factores de emisión son razones que relacionan la cantidad de emisiones de GEI por actividad específica (por ejemplo, kg de CO₂ por kW/h de energía eléctrica consumida) (World Resources Institute; WBCSD, 2018) (Kristin Stechemesser, 2012).

Una vez reunida la información necesaria (factores de actividad e identificación de los factores de emisión), se calculan las emisiones para cada fuente de emisión. Todas las emisiones de GEI se deben llevar a unidades conmensurables, que se expresan como unidades equivalentes de CO₂ (tCO₂-e o kgCO₂-e). La cantidad

de CO₂-e se calcula multiplicando las emisiones de cada GEI por su potencial de calentamiento global en cien años (GWP, por su sigla en inglés). A continuación se presentan las equivalencias de los GEI en términos de CO₂-e. Al consolidado de la información de emisiones de CO₂ se le conoce como **inventario de emisiones**.

Tabla 1

Equivalencias en términos de CO₂-e de los gases de efecto invernadero

Gases de efecto invernadero (GEI)	Fórmula química	GWP (100 años)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	28
Óxido nitroso	N ₂ O	265
Fluorocarbonos	HFC	4-12400
Perfluorocarbonos	PFC	6630-23500
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	23500

Fuente: Elaboración propia (2018), a partir de Global Warming Potentials (United Nations, 2013).

3. Reporte de la estimación de la huella de CO₂

Para reportar la huella de CO₂, los estándares internacionales coinciden en que es necesario expresar de manera clara los límites organizacionales, operativos y temporales empleados para la estimación, junto con el método seleccionado para la cuantificación de las emisiones de GEI. En los reportes hay que especificar el alcance de la medición. Así mismo, es importante indicar si la estimación se hizo considerando alguno de los estándares internacionales y si se efectuó algún proceso de verificación. En el reporte se debe brindar a los tomadores de decisiones la información necesaria para adoptar medidas o implementar programas destinados a la reducción de la huella de CO₂.

ESTÁNDARES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CO₂ EN EL PLANO CORPORATIVO

La confiabilidad, comparabilidad, trazabilidad y aplicabilidad de los resultados de la estimación de la huella de CO₂ dependen de la adherencia de la metodología utilizada a estándares internacionales, en los que el alcance y las limitaciones del cálculo de la huella de CO₂ se encuentren claramente establecidos.

A continuación se presenta una revisión de los principales estándares de reconocimiento internacional, donde los principios de relevancia, integridad, consistencia, exactitud y transparencia son comunes. Así mismo, la secuencia lógica para el desarrollo de la medición es similar en todos los estándares.

Greenhouse Gas - GHG Protocol

El GHG Protocol es un estándar normativo y una *guía de buenas prácticas* para la estimación de la huella de CO₂. Propone lineamientos para su cálculo, así como actividades voluntarias que se pueden tomar en cuenta para mejorar el desempeño en términos de emisiones de CO₂.

La fase de definición de límites organizacionales y operacionales en el GHG Protocol se define como “Planeación y alcance del inventario” (Schneider & Samaniego, 2010). En esta fase se establece el concepto de *alcance* de la estimación. Se determinan tres alcances:

- **Alcance 1.** Son emisiones de GEI que surgen directamente de fuentes que están bajo el control de la organización, tales como las emisiones provenientes de los combustibles que se usan en calderas o vehículos.
- **Alcance 2.** Son las emisiones indirectas de GEI asociadas a los consumos energéticos de la organización dentro de sus instalaciones, como por ejemplo las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica para la calefacción o refrigeración de las instalaciones.
- **Alcance 3.** Son las emisiones de GEI que no son controladas directamente por la organización (como aquellas asociadas al abastecimiento de agua, consumo de papel, generación y gestión de residuos sólidos, transporte de la comunidad o viajes aéreos corporativos) (World Resources Institute; WBCSD, 2011).

Según el GHG Protocol, la cuantificación de las emisiones de GEI se denomina “Identificación y cálculo de emisiones” (Schneider & Samaniego, 2010). Los métodos de cálculo reconocidos por este estándar incluyen la medición directa, los balances de masa estequiométricos y la estimación por factores de emisión. El GHG Protocol destaca la jerarquía de estimación planteada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para los métodos de cuantificación y hace referencia a algunas herramientas propias de su organización. Este estándar no es restrictivo en cuanto

al método de cálculo seleccionado y sugiere aplicar el más acorde con las fuentes de emisión identificadas.

El GHG Protocol cuenta con un estándar corporativo para compañías y organizaciones tales como ONG, agencias gubernamentales y universidades. Para estos casos, se incluye el análisis hasta los alcances 1 y 2, y no se contemplan los requerimientos de verificación del cálculo de la huella. Adicionalmente, existe un estándar de cadena de valor corporativa (alcance 3) del GHG Protocol, dirigido a empresas que requieren evaluar las emisiones de toda su cadena de valor, incluidas aquellas actividades que trascienden su control organizacional y, por lo tanto, necesitan estimar su huella de CO₂ (World Resources Institute; WBCSD, 2011).

El estándar corporativo del GHG Protocol sigue la secuencia de pasos ilustrada en la figura siguiente (figura 3).

ISO 14064

Estándar de verificación basado en el GHG Protocol, que establece los mínimos normativos que se deben considerar para la estimación de la huella de CO₂; no incluye una guía de buenas prácticas, como el GHG Protocol. El estándar ISO cuenta con tres apartes, incluyendo:

ISO 14064-1

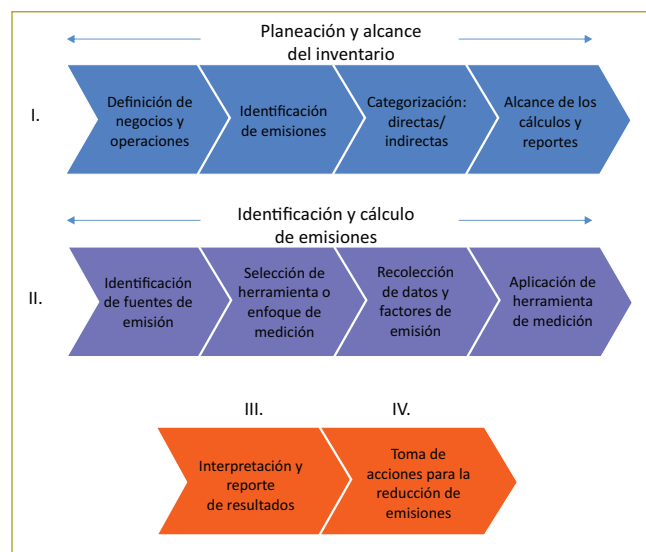


Figura 3. Secuencia de pasos para el cálculo de la huella de CO₂ en el plano organizacional, de acuerdo con el GHG Protocol.

Fuente: Elaboración propia a partir de (World Resources Institute, 2001).

Requerimientos normativos en el plano organizacional, para la cuantificación, reporte de las emisiones y remociones de GEI.

ISO 14064-2

Requisitos exigidos para los proyectos de reducción y remoción de emisiones, para la cuantificación de sus emisiones, seguimiento y reporte.

ISO 14064-3

Determina los requisitos para la validación y verificación de declaraciones y reportes de inventarios de GEI y los parámetros de validación para proyectos de reducción de emisiones.

El estándar ISO 14064 clasifica las emisiones de la siguiente manera (Spannagle, 2003):

- **Directas.** Emisiones derivadas de la combustión directa de combustibles fósiles; es un análogo del alcance 1 del GHG Protocol.
- **Indirectas de energía.** Emisiones derivadas de la producción de la energía eléctrica consumida en la organización, limitadas al consumo de funcionamiento y de calefacción o aire acondicionado. Es un análogo del alcance 2 del GHG Protocol, pero limitado a las actividades mencionadas.
- **Otras indirectas.** Emisiones indirectas diferentes del consumo de energía eléctrica en la organización; son comparables con el alcance 3 del GHG Protocol.

El estándar ISO 14064 es compatible con los requerimientos del GHG Protocol, por lo que una organización que siga los lineamientos de este estándar podría reportar su huella de CO₂ bajo los parámetros del GHG con menores modificaciones y viceversa.

ISO 14069

Constituye una guía para la aplicación del estándar ISO14064-1 (Ihobe S.A., 2012), en la que se describen los pasos necesarios para:

- Fijar límites organizacionales, de acuerdo con un enfoque de control (financiero u operativo) o un enfoque de participación de capital.

- Establecer los límites operacionales, identificando las emisiones directas e indirectas de energía para ser cuantificadas e informadas; para cada categoría de emisión, se brinda orientación sobre el establecimiento de límites y metodologías específicas para la cuantificación de las emisiones y absorciones de GEI.
- Generar informes de GEI garantizando la transparencia y la veracidad de los resultados (ISO, 2018).

Bilan Carbon®

Estándar francés basado en la ISO 14064 y el GHG Protocol, creado por Jean-Marc Jancovici para la firma consultora Manicore. El Bilan Carbon toma como método de cuantificación de las emisiones de GEI el cálculo a partir de factores de emisión y ofrece una plataforma digital para realizar todo el proceso de estimación de la huella de carbono en organizaciones.

Dentro de su programa plantea los mínimos requeridos para la estimación de la huella de CO₂ y se centra en el cálculo de factores de emisión para diferentes actividades. Cuenta con una base de datos disponible con información sobre factores de emisión normalizados para Francia, aunque permite hacer modificaciones y ajustes a los factores de emisión registrados. Es aplicable a todas las etapas del ACV y contempla en su alcance las fuentes de energía, transportes, producción de materiales, sistemas y gestión de residuos sólidos. Requiere licencia para ser implementado, aunque el acceso a la información sobre factores de emisión es libre (World Resources Institute; WBCSD, 2018).

PAS 2060:2020

Es un estándar creado por el British Standard Institution, dirigido al cálculo de emisiones en el plano institucional; se centra en brindar herramientas para alcanzar el objetivo de carbono neutro, mediante la cuantificación, reducción y compensación de las emisiones de GEI. La aplicación de este estándar supone el compromiso de la organización, bien sea en lograr su declaración de alcanzar la neutralidad.

Este estándar cuenta con etapas de evaluación de las actividades organizacionales o ACV, el cual debe hacerse con los lineamientos de la PAS 2050. Se sugiere hacer la cuantificación de las emisiones de GEI con lo

establecido bien sea por el GHG Protocol o por la ISO 14064-1, lo que quiere decir que no cuenta con parámetros propios o diferenciables para la cuantificación de la huella de CO₂.

Plantea adicionalmente planes de gestión y reducción de las emisiones y cuenta con procedimientos para llevar a cabo la validación y verificación del cálculo de la huella de CO₂. Es un estándar de orden corporativo y con la facultad de ser aplicado para el cálculo de emisiones de eventos específicos (ADD Work system, s.f.).

MÉTODOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES

Los estándares de estimación de la huella de CO₂ dentro de sus fases de estimación de las emisiones de GEI establecen la necesidad de seleccionar un método que se acople a las fuentes de emisión identificadas (Vanderbilt University, 2018) (World Resources Institute, 2001). Se destacan tres métodos de cuantificación, a saber: (World Resources Institute, 2001) (Organización Internacional de Normalización - ISO, 2006).

Medición directa de emisiones de GEI

Para la medición directa es necesario contar con equipos capaces de medir niveles de emisiones, es decir, flujos y concentraciones de salida de los gases de fuentes específicas. Esta forma de calcular las emisiones de GEI sólo resulta útil para las emisiones directas (chimenea de una caldera). Los niveles de emisiones se calculan como:

$$\text{Emisión} \left[\frac{\text{M}}{\text{t}} \right] = \text{Concentración} \left[\frac{\text{M}}{\text{L}^3} \right] \cdot \text{Flujo} \left[\frac{\text{L}^3}{\text{t}} \right]$$

Donde:

M = masa de GEI.

T = tiempo.

L³ = volumen combustible.

Cálculos estequiométricos por balance de masa

Se utiliza en procesos industriales en los que no necesariamente se presenta combustión de combustibles fósiles, pero sí reacciones químicas que generan GEI. Es posible establecer relaciones estequiométricas entre algunas actividades o insumos utilizados en los procesos

industriales y la generación de GEI (generación de dióxido de carbono y metano por la descomposición de la materia orgánica en una planta de tratamiento de aguas).

Uso de factores de emisión documentados

Las mediciones directas son costosas y no siempre se cuenta con la información suficiente para hacer cálculos estequiométricos. Esta metodología permite estimar la cantidad de emisiones de GEI asociadas a diferentes actividades, a través del establecimiento de factores de emisión en términos de CO₂, ajustados al contexto local o nacional. Este es el método más común, debido a su practicidad y reconocimiento en los estándares internacionales. La calidad de los resultados depende de la asertividad de los factores de emisión, que idealmente se deben ajustar al contexto de cada ciudad o región (Fundación Natura; CAEM; Bolsa Mercantil, 2106).

$$\text{Emisión} \left[\frac{\text{M}}{\text{t}} \right] = F \cdot \text{Emisión} \left[\frac{\text{M}}{\text{E}} \right] \cdot F \cdot \text{Actividad} \left[\frac{\text{E}}{\text{t}} \right]$$

Donde:

M = masa de GEI.

T = tiempo.

E = energía consumida.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTÁNDARES INTERNACIONALES

Los estándares analizados plantean una serie de pasos similares que se deben surtir para la estimación de la huella de CO₂, iniciando con la delimitación de los límites organizacionales y operacionales; la principal diferencia radica en que el GHG Protocol plantea actividades obligatorias y opcionales para ser consideradas en el cálculo, mientras los demás estándares se limitan a establecer los mínimos normativos.

Todos los estándares analizados plantean lineamientos para la cuantificación de las emisiones y reconocen la existencia de diferentes métodos de cuantificación, siendo el GHG Protocol el estándar que más información provee sobre cada método. El estándar ISO 14064 es el más explícito frente a la incertidumbre asociada a cada método de cálculo (Spannagle, 2003). Por su parte, el estándar PAS 2060 indica que la estimación

debe hacerse de acuerdo con lo establecido por la ISO 14064 o el GHG Protocol.

Las principales diferencias encontradas se deben al carácter de guía de buenas prácticas que presenta el GHG Protocol, frente a estándares como el ISO 14064 y el Bilan Carbon, que tienen un carácter normativo. El GHG contempla recomendaciones e indicaciones necesarias para estimar una huella de CO₂ más acertada, mientras que la ISO 14064 establece los mínimos necesarios para estimar una huella certificable.

El Bilan Carbone no resulta compatible frente a procesos de validación y verificación de la medición. Los estándares ISO 14064 y PAS 2060 no sólo son compatibles con los procesos de validación y verificación, sino que cuentan con lineamientos para el desarrollo de este tipo de procesos.

ESTÁNDARES Y MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN IMPLEMENTADOS POR IES EN EL MUNDO Y EN COLOMBIA

Entre las IES analizadas en el ámbito internacional, se encontró que un 43 % estima su huella de CO₂ siguiendo los lineamientos establecidos por el GHG Protocol. Otro 30 % se ciñe a la ISO 14064, Bilan Carbone u otros estándares internacionales, y el 27 % restante no reportan ceñirse a algún estándar internacional.

Para el caso de las IES en Colombia se encuentra una alta heterogeneidad de estándares implementados (Robinson, Tewkesbury, Kemp, & Williams, 2017). El 90 % de la muestra analizada se ciñe a diversos estándares disponibles y tan sólo un 10 % hace referencia al GHG Protocol (figura 5).

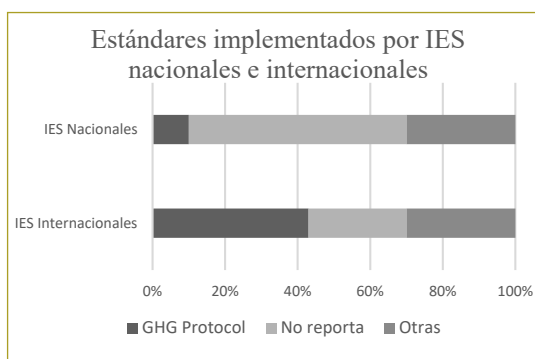


Figura 5. Estándares implementados por IES nacionales y universidades internacionales, para la estimación de su huella de CO₂. Fuente: Elaboración propia.

A escala internacional, el 13 % de las instituciones referencia los factores de medición suministrados por el GHG Protocol. Las demás instituciones analizadas no refieren el método utilizado para la cuantificación de sus emisiones y, en la mayoría de los casos, no cuentan con procesos de validación y verificación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al analizar los diferentes estándares a la luz de los propósitos planteados para la medición de la huella de CO₂ en la Escuela, se encuentra que todas propician un ámbito de aplicación investigativo.

Ahora bien, el objetivo propuesto de esta medición en la Escuela no incluye su incorporación a los mercados voluntarios de carbono; esto, sumado a la necesidad de contar con una metodología que permita apoyar la toma de decisiones en materia de mitigación del impacto ambiental, sugiere la necesidad de implementar un estándar con aplicación en el ámbito organizacional, de producto y de servicio, necesidad que atiende el GHG Protocol. Este último ofrece también guías para hacerlo verificable, lo que no elimina la posibilidad de incluir en el futuro el propósito de su incorporación en los mercados voluntarios de carbono.

- **Estándar de referencia.** Se recomienda adoptar una metodología propia de cálculo de la huella de CO₂, basada en los principios del GHG Protocol. Como referencia, se recomienda utilizar la *Guía para el cálculo y reporte de la huella corporativa de la Secretaría Distrital de Ambiente* (SDA, 2015), basada en el GHG Protocol.
- **Método de cuantificación de las emisiones de GEI.** Como punto de partida se recomienda implementar el método de los factores de emisión, debido a su practicidad, bajo costo y baja demanda de información primaria para las emisiones indirectas.
- **Año base y periodicidad.** Se recomienda establecer un escenario de referencia de GEI que permita conocer las emisiones en ausencia de estrategias de mitigación, lo cual puede hacerse mediante la realización de un trabajo de grado. Como año de referencia se recomienda el 2014, año de referencia en el documento *Guía para el cálculo y reporte de la huella corporativa*, de la SDA.

- **Límite organizacional.** Se recomienda concertar con la Vicerrectoría Administrativa (VA) los límites para la estimación de la huella de CO₂. Se sugiere incluir únicamente las actividades académicas (incluyendo clases, prácticas de laboratorio, asistencia a congresos y otros espacios académicos) y las actividades administrativas realizadas dentro del campus de la Escuela (incluyendo además actividades *off-campus*, tales como visitas a otras IES y reuniones con entidades). Para iniciar, se recomienda no incluir actividades tales como nuevas construcciones o actividades específicas de mantenimiento.
- **Unidad funcional de la medición.** Es necesario concertar con la VA la unidad funcional para la medición de la huella de CO₂ en la Escuela, la cual se sugiere que se realice en términos de t-CO₂-e por número de estudiantes activos, por año.
- **Límite operacional.** Se recomienda hacer el cálculo de la huella de CO₂ siguiendo las recomendaciones del GHG Protocol. Como mínimo, se recomienda considerar en el cálculo esta información:

Alcance 3

Fuente de emisión	Información suministrada por Vicerrectoría Adm.	Información investigación
Residuos sólidos	Cantidad y tipo de residuos generados, anual (en kg o t) % de residuos reciclados y compostados.	Factores de emisión asociados a RS dispuestos en relleno sanitario, reciclados y compostados.
Viajes nacionales e internacionales	Número de viajes nacionales e internacionales anuales (personal académico y administrativo), modo de transporte, km recorridos	Factores de emisión asociados a cada modo de transporte.
Consumo de papel	Kg/año de papel, según información de compras. Incluye papel blanco, papel reciclado, papel higiénico, toallas secado manos.	Factores de emisión asociados a cada uno de los tipos de papel utilizado.

Alcance 1

Fuente de emisión	Información suministrada por Vicerrectoría Adm.	Información investigación
Vehículos propiedad de la Escuela	Combustible adquirido, por tipo (total anual, en litros o galones)	Factores de emisión asociados a gasolina y diésel
Combustible utilizado para maquinaria y equipos dentro de la Escuela	Combustible adquirido, por tipo (total anual, en litros o galones)	Factores de emisión asociados a gasolina y diésel
Emisiones de procesos	Emisiones anuales de fuentes fijas en el campus. Fuentes generadoras. Tipos y flujos de emisiones.	Factores de conversión a CO ₂ para cada GEI registrado.

Alcance 2

Fuente de emisión	Información suministrada por Vicerrectoría Adm.	Información investigación
Electricidad adquirida	Facturas de electricidad, cantidad total consumida anual, en kW-h	Factores de conversión para la ciudad de Bogotá
Energía generada	Generación anual de energía con paneles solares, kW/h	Factores de conversión para la ciudad de Bogotá

ANEXOS

Anexo 1

Metodologías utilizadas para el cálculo de la huella de CO₂ en IES internacionales y nacionales

Universidades internacionales	Metodología	Método /herramienta
Ohio State University	GHG Protocol	N/R
Yale University	GHG Protocol	N/R
University of California Davis	GHG Protocol	N/R
University of Connecticut	GHG Protocol	N/R
Harvard University	GHG Protocol	N/R
Columbia University	GHG Protocol	N/R
Universidad de Pennsylvania	Propia	N/R
University of British Columbia (Canada)	Propia	N/R
Simon Fraser University (Canada)	Propia	N/R
Universidad de Santiago de Chile	GHG Protocol	N/R
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Mexico)	GHG Protocol	N/R
Universidad Nacional de Costa Rica	Otras	N/R
Universidade de S.ape Town University s. Incluye:ão Paulo (USP)	Propia	N/R

Universidades internacionales	Metodología	Método /herramienta
Erasmus university	Propia	N/R
University College Cork	GHG Protocol	N/R
The Lynn University	GHG Protocol	Clean Air Cool Planet Campus
University of Texas	Otras	Clean Air Cool Planet Campus
University of Cambridge	GHG Protocol	N/R
University of Vanderbilt	GHG Protocol	Clean Air Cool Planet Campus
Cape Town University	Propia	N/R
York University	Otras	N/R
Geona University	Propia	N/R
University of Bristol	Otras	N/R
Delaware University	Propia	N/R
University of Leicester	Otras	N/R
Minnesota State University	GHG Protocol	Clean Air Cool Planet Campus
University of Winchester	Otras	N/R
University of Salford	Otras	N/R
Charles Sturt University	Otras	N/R
University of Birmingham	Otras	N/R
Universidades Colombia	Metodología	Método/herramienta
Universidad de Santander	Propia	N/R
Universidad de los Andes Colombia	Otras	N/R
Universidad Autónoma de Occidente	Propia	N/R
Universidad Nacional de Colombia	Otras	N/R
Universidad del Rosario	Propia	N/R
Fundación Universidad del Norte Barranquilla	Otras	N/R
Universidad de Caldas	GHG Protocol	N/R
Universidad El Bosque	Propia	N/R
Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira	Propia	N/R
Escuela de Administración de Negocios (EAN)	Propia	N/R

Fuente: Elaboración propia, a partir de información institucional de las IES.

REFERENCIAS

- Organización Internacional de Normalización - ISO (2006). *ISO*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>.
- Barnett, A. et al. (2012). *A comparison of methods for calculating the carbon footprint of a product*. Reading: University of Reading.
- Hoekstra, A. C. (2006). *Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern*. Springer. ADD Work system. (s.f.). *Add Work System*. Recuperado el 25 de julio de 2019, de *Cálculo, compensación y neutralización de la huella de carbono en eventos*. <http://www.addworksystems.com/wp-content/uploads/2016/12/FICHA-PAS2050-PAS2060-en-Eventos.pdf>.
- Alcaraz, A. H. (2014). *Huella de carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: en busca de la ecoeficiencia*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Bauforumstahl. (2018). Duesseldorf.
- Cape Town University (30 de noviembre de 2018). *Cape Town University*. Obtenido de <http://www.scielo.org.za/pdf/jesa/v22n2/01.pdf>.
- Carbon Trust (2008). *Product carbon footprinting: the new business opportunity*.
- Chapela, F. (2008). *Acción ambiental para mejores formas de vida*. Oaxaca: Estudios Rurales y Asesoría.
- Charles Sturt University (30 de 11 de 2018). *Charles Sturt University*. Obtenido de <http://news.csu.edu.au/latest-news/business-and-commerce/australias-first-and-only-carbon-neutral-university>.
- Christopher, M., & Jones, D. M. (2011). *Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for U.S. Households and Communities*. Berkeley: American Chemical Society.
- Delaware University (30 de noviembre de 2018). *Delaware University*. Obtenido de <https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/e/763/files/2017/02/University-of-Delaware-Greenhouse-Gas-Emission-Inventory-2009-2fuwsah.pdf>.
- Departamento Nacional de Planeación (3 de julio de 2019). *MRV de financiamiento climático*. Obtenido de <https://mrvapp.dnp.gov.co/DescargarPublico/>.
- Chavarría-Solera, F., Ó. M.-L.-V.-F. (2016). Medición de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Costa Rica para el periodo, 2012-2014. Rumbo a la carbono neutralidad. Fundación Natura; CAEM; Bolsa Mercantil (2106). *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa Colombia*. Bogotá. Recuperado el 15 de enero de 2019 de https://www.mvccolombia.co/images/Factores_de_Emisi%C3%B3n_Huella_de_Carbono_Corporativa_V6.pdf.
- Geona University (30 de noviembre de 2018). *Geona University*. Obtenido de http://unigesostenibile.unige.it/en/carbon_footprint.
- Global Footprint Network (2018). *footprintnetwork*. Obtenido de <https://www.footprintnetwork.org>.
- Icontec (2007). *Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14040*. Bogotá.
- IHK Nuremberg (29 de septiembre de 2015). *Lexikon der Nachhaltigkeit*. Obtenido de <https://www.nachhaltigkeit.info>.
- Ihobe (2013). *Siete metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Obtenido de http://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf.
- Ihobe S.A. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1: 2006 para el desarrollo de inventarios de gases efecto invernadero en organizaciones*. Bilbao: Ihobe,

- Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Obtenido de http://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/uneiso14064/es_def/adjuntos/PUB-2012-019-f-C-001.pdf.
- Katharina Schaechtele, H. H. (2007). *Die CO₂ Bilanz des Buergers*. Heidelberg: Oficina Federal Alemana de Medio Ambiente.
- Klockenhoff, J. (2009). Product Carbon Footprinting und der Kohlendioxidbewusste Konsument. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, pp. 199-201.
- Kristin Stechemesser, E. G. (2012). Carbon accounting: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* (Elsevier), 17-38.
- Laurent, A., Olse, S., & Hauschild, M. (2012). Limitations of carbon footprint as indicator of environmental. *Environmental Science and Technology*, 4100-4108.
- MADS (2019). *RED+. Conozca qué es el mercado voluntario de carbono*. Obtenido de Conozca qué es el mercado voluntario de carbono.
- Minesota State University . (30 de 11 de 2018). *Minesota State University* . Obtenido de https://www.mnsu.edu/greencampus/carbonfootprint/MSU_Mankato_Carbon_Footprint_Final012014.pdf.
- Ministerio de Relaciones Exteriores (3 de julio de 2019). *Cambio climático*. Obtenido de <https://www.cancilleria.gov.co/cambio-climatico-0>.
- Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear (BMUB) (2016). *Klimaschutzplan 2050*. Berlín.
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*.
- Presidencia de la República (30 de noviembre de 2018). *Presidencia de la República*. Obtenido de Normativa: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20926%20DEL%2001%20DE%20JUNIO%20DE%202017.pdf>.
- Robinson, O., Tewkesbury, A., Kemp, S., & Williams, I. (2017). Towards a universal carbon footprint standard: a case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4435-4455. doi:10.1016.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile: Cepal. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Spannagle, M. (diciembre de 2003). *Ecologia.org*. Recuperado el 22 de julio de 2019 de *A Comparison of ISO 14064, Part 1, and the GHG Protocol Corporate Module*: <https://www.ecologia.org/ems/ghg/news/cop9/comparison.html>.
- Sprangers, S. (2011). *Calculating the carbon footprint of universities*. Rotterdam: Erasmus University.
- The Lynn University (30 de noviembre de 2018). *The Lynn University*. Obtenido de https://my.lynn.edu/ICS/icsfs/Carbon_Footprint_Report_12_17_12.pdf?target=e3d140fa-a913-45f3-889c-5c26995d24c8.
- United Nations (2013). *Global Warming Potentials*. United Nation Framework Convention on Climate Change.
- Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne (2009). *Rapport Bilan Carbone*. París.
- University College Cork (30 de noviembre de 2018). *University College Cork*. Obtenido de <https://www.ucc.ie/en/media/support/buildingsandestates/energy/reports/UCCCarbonFootprint2011>.
- University of Birmingham (30 de noviembre de 2018). *University of Birmingham*. Obtenido de <https://www.birmingham.ac.uk/university/about/environment/what-we-do/carbon-and-energy/index.aspx>.
- University of Bristol (30 de noviembre de 2018). *University of Bristol*. Obtenido de <http://www.bris.ac.uk/green/doing/energy-carbon-water/>.
- University of Cambridge (30 de noviembre de 2018). *University of Cambridge*. Obtenido de <https://www.environment.admin.cam.ac.uk/what-are-we-doing/carbon/scope-1-2-and-3-emissions>.
- University of Leicester (30 de noviembre de 2018). *University of Leicester*. Obtenido de <https://www2.le.ac.uk/offices/estates/environment/environmental-management/energy/carbon-saver-standard-2016>.
- University of Salford (30 de noviembre de 2018). *University of Salford*. Obtenido de <https://www.salford.ac.uk/estates/environmental-sustainability/environmental-management>.
- University of Texas (30 de noviembre de 2018). *University of Texas*. Obtenido de <https://sites.utexas.edu/carbonroadshow/2016/04/15/how-does-ut-determine-its-carbon-footprint/>.
- University of Vanderbilt (30 de noviembre de 2018). *University of Vanderbilt*. Obtenido de <https://www.vanderbilt.edu/sustainvu/2009/04/how-will-vanderbilts-carbon-footprint-be-calculated-2/>.
- University of Winchester (30 de noviembre de 2018). *University of Winchester*. Obtenido de <https://www.winchester.ac.uk/about-us/sustainability-and-ethics/green-campus/carbon-management-and-reduction-energy-and-water/>.
- Vanderbilt University (30 de noviembre de 2018). *Vanderbilt University*. Obtenido de Growing responsibly: <https://www.vanderbilt.edu/sustainvu/2009/04/how-will-vanderbilts-carbon-footprint-be-calculated-2/>.
- Wintergreen, J., & Delaney, T. (2006). *EPA*. Recuperado el 22 de julio de 2019 de ISO 14064, International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification: <https://www3.epa.gov/ttn/chief/conference/ei16/session13/wintergreen.pdf>.
- World Resources Institute (2001). *Green House Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Washington, D.C.: WRI. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (junio de 2007). *A definition of "carbon footprint"*. Obtenido de https://info.ornl.gov/sites/rams09/k_fernandez/Documents/carbon_footprinting.pdf.
- World Resources Institute; WBCSD (2011). *Greenhouse Gas Protocol: Technical Guidance for Calculation Scope 3 Emissions*. Washington, D.C.: WRI. Obtenido de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard-EReader_041613_0.pdf.
- World Resources Institute; WBCSD (30 de noviembre de 2018). *Green House Gas Protocol*. Obtenido de Bilan Carbon: <http://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/Bilan-Carbone>
- Yale University (2017). *Yale Sustainability*. Obtenido de Greenhouse Gas Emissions: <https://sustainability.yale.edu/planning-progress/areas-focus/emissions>.
- York University (30 de noviembre de 2018). *York University*. Obtenido de <https://www.york.ac.uk/news-and-events/news/2014/campus/carbon-reduction/>.