

## LA HUELLA DE CARBONO, UN INSTRUMENTO FACILITADOR DE LA GESTIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN UNA ORGANIZACIÓN

SARTOR, ALOMA S.<sup>1</sup>; FRIEDRICH, GUILLERMO R.<sup>2</sup>

1: Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental

2: Grupo SITIC / Departamento de Ingeniería Electrónica  
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Bahía Blanca

11 de abril 461

e-mail: {asartor,gfried}@frbb.utn.edu.ar

**Resumen.** *La Huella de Carbono es un índice que facilita el análisis de la incidencia de actividades, organizaciones y asentamientos urbanos en su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero que tienen probada vinculación con el Cambio Climático. Desde 2016 se ha iniciado una experiencia de medición de la Huella de Carbono en la Cooperativa Obrera Ltda., una cadena de supermercados minoristas que cuenta con 124 sucursales en 4 provincias, centros de logística y procesamiento, con más de un millón y medio de asociados. Se ha trabajado en la definición de un método que toma como referencia los lineamientos de la Norma ISO 14064-1, que establece que la organización debe medir en forma separada las emisiones directas de gases de efecto invernadero que conforman el Alcance 1 y las emisiones indirectas que constituyen el Alcance 2. Se ha elaborado un inventario de emisiones de este tipo de gases, analizándolas y ponderándolas para cada uno de los sectores: sistemas de acondicionamiento de aire, refrigeración, consumo de electricidad, gas natural y combustibles líquidos, que permiten identificar situaciones de riesgo de futuras restricciones normativas; evaluar acciones de mejora en relación a la relevancia en procesos de descarbonación de la organización, identificar áreas de intervención con acciones de mayor eficiencia global y tener una línea base para diseñar estrategias de Eficiencia Energética. Aunque en el país la Huella de Carbono no tiene gran difusión, se ha convertido en un índice ampliamente difundido a nivel de las naciones, ciudades, organizaciones y productos, como punto de partida para diseñar estrategias y planes de mejora, especialmente asociados al uso de la energía, por su gran incidencia en las emisiones de gases de efecto invernadero. También es una metodología que permite obtener un índice de fácil comprensión e impacto transversal a toda la organización, facilitando su comunicación a todos sus integrantes y partes interesadas, a fin de promover la mejora en el desempeño ambiental de la entidad. Los resultados obtenidos en la primera etapa del trabajo han permitido identificar, esclarecer y cuantificar la importancia relativa de las distintas fuentes, brindando elementos a la dirección de la organización para comenzar a trabajar en estrategias de mejora.*

**Palabras clave:** Huella de carbono, cambio climático, gases efecto invernadero, organización

## 1. INTRODUCCIÓN

Las consecuencias del Cambio Climático (CC) y su vinculación con los efectos de actividades antrópicas que generan emisiones de los gases efecto invernadero (GEI) han llevado a avanzar en diferentes compromisos para bajar las mismas o realizar recambios tecnológicos que permitan suplantarla por otras con menor efecto sobre el calentamiento global. La disminución de estas emisiones, identificadas en el Protocolo de Kioto, son las que corresponden a los siguientes gases: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y perfluorocarburos (PFC), siendo el CO<sub>2</sub> el más abundante.

Aunque en la Argentina aún no hay regulaciones para exigir un plan de reducción de emisiones a los diferentes sectores con mayor incidencia, el país ha participado en las diferentes reuniones cumbres internacionales por los que se lograron acuerdos de disminución de emisiones, como el Acuerdo de París (2015) en la COP21 y la COP22 realizada en Marrakech, también en noviembre del mismo año que avanzó en la profundización de los compromisos, definición de acciones y recursos, que han mostrado ser el inicio de un camino irreversible en la lucha contra el CC. Estos compromisos internacionales llevarán a impulsar un marco normativo nacional necesario para establecer metas de disminución de emisiones que permitan cumplimentar con el plan presentado por el país [1]. En el caso de los gases refrigerantes, el Protocolo de Montreal (1987) impulsó el cambio de los gases clorofluorocarburos (CFC) a los hidrofluorocarburos (HFC), que no afectan la capa de ozono pero que tienen efectos sobre el calentamiento global por su elevado Potencial de Calentamiento Global (PCG). También en este tema se lograron nuevos compromisos internacionales en Kigali, en 2016, donde las naciones en desarrollo, como Argentina, congelarán sus niveles de consumo de estos gases en 2024 y algunos otros países en 2028 [2]. La aplicación concreta de medidas que permitan avanzar en la disminución de estas emisiones se deben realizar en los territorios locales, por sobre todo las ciudades que son las responsables de mayor incidencia de las emisiones alcanzando un 60% con un consumo de energía del 78%, aunque sólo ocupen el 2% de la superficie de la tierra; la actividad industrial, los transportes, el comercio y los servicios contribuyen en forma significativa a las emisiones GEI; esto impulsa progresivamente a aplicar instrumentos que permitan realizar inventarios de GEI sectorialmente y el cálculo de la HC de cada ciudad, sector u organización. Las ciudades se enfrentan a la necesidad de realizar acciones para ser más sustentables, la energía y las emisiones son aspectos centrales en esa transformación [3]. En particular, en diferentes países las grandes cadenas internacionales de comercialización han iniciado la medición de HC en sus organizaciones. A modo de ejemplo en España se implementó un Sistema de Compromisos Voluntarios de Medidas Urgentes de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia con Horizonte 2007-2012-2020, que tiene como objetivo “conseguir la reducción de las emisiones de GEI en los sectores difusos (transportes, residencial, comercial e institucional, residuos y agrario), a través de adecuaciones voluntarias de empresas públicas y privadas” [4].

Comprendiendo estos escenarios, la Cooperativa Obrera Ltda. ha iniciado la medición de la HCo en su organización. Cuenta con 124 sucursales de venta minorista, supermercados e

hipermercados; con base en Bahía Blanca y presencia en diferentes ciudades de las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Río Negro y Neuquén. Tiene además centros de logística e industrias de panificación, fraccionamiento de fiambres y frigorífico.

El movimiento cooperativo internacional, desde la 1° Cumbre Cooperativa de las Américas realizada en Guadalajara, México, con el “Pacto Verde Cooperativo. Un compromiso con la Tierra” (2009) hasta la reciente IV Cumbre Cooperativa de las Américas realizada en Montevideo en 2016, cuyo lema fue “Cooperativas: Asociatividad para el Desarrollo Sostenible”, se ha sumado a los principios del cooperativismo mundial. En la Cooperativa Obrera el cuidado del medio ambiente y la sustentabilidad ocupan, desde 2009, un lugar central en programas y acciones de concientización y educación dirigidos a sus asociados. En tal sentido, ha trabajado en torno a incorporar acciones internas de mejora en su gestión y en programas de acciones exógenas para concientizar, educar e influir en las comunidades con las que interactúa, en cuanto a los principios del desarrollo sustentable. En este marco, solicita a la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional el desarrollo de una metodología para calcular su contribución a la HC. El trabajo consistió en elaborar un inventario de emisiones de GEI, estimar la HC y ofrecer información de utilidad para planificar una estrategia efectiva de reducción de dichas emisiones. El método desarrollado, además de estimar la HC, facilitará simplificar y ponderar su influencia según la escala de la unidad comercial y por sector, y contar con información para implementar un Plan de Eficiencia Energética.

## **LA HUELLA DE CARBONO. CONCEPTOS GENERALES**

La HC es un índice que mide la cantidad equivalente de toneladas de CO<sub>2</sub> correspondiente a las emisiones de distintos GEI que resultan de las actividades de una organización, la producción de un determinado producto o servicio, etc. Es un índice ampliamente difundido, porque resulta de fácil comprensión y tiene impacto transversal en la organización, facilitando la comunicación en cuanto al desempeño ambiental de la entidad, a todos sus integrantes y partes interesadas. Los métodos a nivel internacional para estimar la HC son diversos, entre ellos: ISO 14064; GhG Protocol [5]. Para realizar el trabajo se utilizaron criterios generales de estas metodologías y se tomó como período temporal de estudio el año 2015.

El cálculo se realiza a partir de identificar las fuentes de generación de emisiones de GEI, directas o indirectas, que resultan de las actividades de la organización. Se establece un límite operativo para el cálculo de la HC siguiendo los lineamientos de la Norma ISO 14064-1, que establece la medición en forma separada de las emisiones directas de GEI que define dentro del Alcance 1, las emisiones indirectas que no están bajo el control de la organización y constituyen el Alcance 2 y otras emisiones indirectas que corresponden al Alcance 3.

Alcance 1: se miden las emisiones de fuentes que están en propiedad o controladas por la organización. En el caso de estudio se han incluido en este alcance a las emisiones debidas al consumo de combustible líquido en los equipos electrógenos para generar energía de respaldo, también las emisiones producidas por combustión de gas natural en calderas, termotanques, hornos, cocinas y freidoras, y las emisiones fugitivas de gases refrigerantes utilizados en equipos de climatización y refrigeración.

Alcance 2: incluye las emisiones indirectas generadas como consecuencia de actividades de la organización pero que no se encuentran en poder ni control de la misma. Por ejemplo, las emisiones debidas a la generación de la electricidad que consume la organización para iluminación, fuerza motriz, computación, equipos de frío y refrigeración, hornos, fermentadora, etc., y también las emisiones correspondientes a la generación del gas natural consumido por equipamiento comprendido en el Alcance 1.

Alcance 3: incluye las emisiones generadas por actividades tercerizadas, viajes, desplazamientos de empleados y emisiones generadas por descomposición de residuos o tratamientos de efluentes de la organización, entre otras.

En el trabajo realizado, sólo se han incluido las emisiones comprendidas en los Alcances 1 y 2.

Se utilizó como información base una estimación de consumo de cada equipamiento y un factor de conversión que da la cantidad de Dióxido de Carbono equivalente emitida por dicha fuente.

Por ejemplo, para una emisión de Alcance 1 originada por la combustión de un cierto combustible:

$$E_g = C_c \cdot FE_{c,p} \quad [T CO_2 eq] \quad (1)$$

Donde:  $E_g$  es la emisión del GEI  $g$  en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes;  $C_c$  es el consumo del combustible  $c$  y  $FE_{c,p}$  es el factor de emisión del combustible  $c$  para el proceso o tecnología  $p$ . Para el cálculo de las emisiones de Alcance 2, se computan los consumos de energía eléctrica y gas natural en el caso estudiado, en los que se adoptaron los factores de emisión publicados por la Secretaría de Energía de la Nación, 0.000342 [T CO<sub>2</sub> eq/KW-h] para la energía eléctrica y 0.00195 [T CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>] para el gas natural. [6] También corresponden al Alcance 2 el cómputo del consumo de los gases refrigerantes de acuerdo al consumo efectuado para compensar las fugas que producidas en los equipos de refrigeración existentes en la organización. En este caso se adoptaron los factores de emisión publicados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) [7].

## OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TRABAJO

A partir de la estructura de la organización, con 124 sucursales de diferentes grados de complejidad y tamaño, distribuidas en 55 ciudades, sumadas a otro tipo de dependencias e instalaciones, se decidió desarrollar un sistema de relevamiento y cálculo, en esta etapa, basado en dos modelos de sucursales, una más compleja y de mayor escala, y otra de escala mediana, que se tomarían como referencias piloto para la aplicación del instrumento de relevamiento de datos y el posterior análisis de distribución de la contribución a la HC de los distintos sectores. Se eligió la Sucursal 28, un hipermercado que incluye cocina y panadería, y que contiene todas las variantes: el “Hiper de la Cooperativa Obrera”, y la Sucursal N° 6 de la ciudad de Bahía Blanca.

Los objetivos propuestos para la realización del trabajo fueron los siguientes:

- Determinar la HC de las sucursales 28 y 6, a partir de los consumos de electricidad, gas, gas-oil y gases refrigerantes.

- Efectuar un relevamiento y análisis del uso y funcionamiento de los distintos equipos e instalaciones de iluminación, refrigeración, acondicionamiento de aire, cocina, panadería, etc., a fin de efectuar una estimación de cada una de las distintas contribuciones a la HC total.
- Diseñar un esquema para la recolección y análisis de información, que pueda ser de aplicación general al resto de sucursales y dependencias.
- Identificar las causas de posibles desvíos con respecto a lo esperable, en los consumos y/o aportes a la HC.
- Elaborar propuestas de acción que permitan reducir la HC y/o mejorar la eficiencia energética de las sucursales.

La parte más importante del trabajo, tanto desde el punto de vista técnico como desde el aspecto formativo fue la correspondiente al trabajo de campo, durante el cual se efectuó el relevamiento de equipos e instalaciones, y el posterior análisis en gabinete. Esto tenía como objetivo efectuar una estimación lo más certera posible de la contribución de cada uno de los equipos e instalaciones a los distintos consumos y a la HC. Esta parte del trabajo es un plus, que tiene como objetivo orientar a la organización en la búsqueda de mejoras, tanto en términos de Eficiencia Energética (EE) como de reducción de la HC.

En el caso de los consumos eléctricos, se relevaron las potencias de los equipos e instalaciones de iluminación y fuerza motriz, y se efectuaron estimaciones con respecto a la cantidad de horas de utilización de cada uno a lo largo del año, y en el caso de los motores también se efectuaron mediciones y/o estimaciones del porcentaje de potencia real, dependiente de la carga, con respecto a la nominal. Luego, la suma de todos los consumos debía aproximarse lo más ajustadamente al total de la energía facturada en el año. A modo de ejemplo, la Tabla I se presentan las estimaciones de uso, que dan como resultado la energía total consumida en el año, para dos equipos centralizados de frío.

TABLA I

Equipo	Potencia [kW]	Régimen de trabajo	Uso diario [hs]	Días/año	Energía total anual [MWh]
R22	67,113	54%	8	365	105,824
		18%	5	365	22,047
				Total:	127,871
R404	16,778	99%	8	365	48,502
		33%	5	365	10,105
				Total:	58,607

Régimen de uso y consumo de energía de equipos centrales de frío

Los criterios utilizados para calcular los consumos anuales de cada equipo de refrigeración se obtuvieron a partir de considerar la potencia en HP indicada en cada equipo y calcular la potencia nominal en kW; luego se determinó el régimen de trabajo mediante mediciones,

constatándose que ambos equipos funcionan 8 hs a un cierto régimen máximo y 5 hs a un tercio de aquel. De manera similar se trató al resto de los consumos eléctricos. Cabe mencionar que, en el caso de la iluminación, el régimen de trabajo es el 100% de la potencia nominal. El consumo total estimado según esta metodología dio un error menor al 1% con respecto a los totales obtenidos de las facturas de la empresa de electricidad, lo que se considera muy satisfactorio. Cabe aclarar que la mayor o menor exactitud de estas estimaciones no afecta al cálculo de la HC, sino a la determinación de los distintos aportes que la componen, y por consiguiente, a las orientaciones con respecto a las posibles mejoras a efectuar. Algo análogo se efectuó con los equipos que consumen gas natural, con los resultados consignados en la Tabla II.

TABLA II

Equipo	Cantidad	Consumo [m <sup>3</sup> / h]	Uso diario o [hs]	Días al año	Consumo anual [m <sup>3</sup> ]
Hornallas	18	0,3220	7,5	365	15.866,55
Freidora	1	0,4301	7,5	365	1.177,40
Horno	1	7,5000	12,5	365	34.218,75
Termotanque	1	5,3763	8	365	15.698,80
Caldera	1	7,5260	2	365	5.493,98
				Total:	72.455,47

Estimaciones de consumos de gas natural

En este caso, el error entre el consumo estimado y el total facturado fue inferior al 0,5%. Computando también la recarga de gases refrigerantes y el combustible del generador de emergencia, y aplicando luego los correspondientes factores de emisión, se obtuvo la composición de la HC de cada sucursal estudiada. En la Fig. 1 se observa la composición porcentual correspondiente a una de ellas.

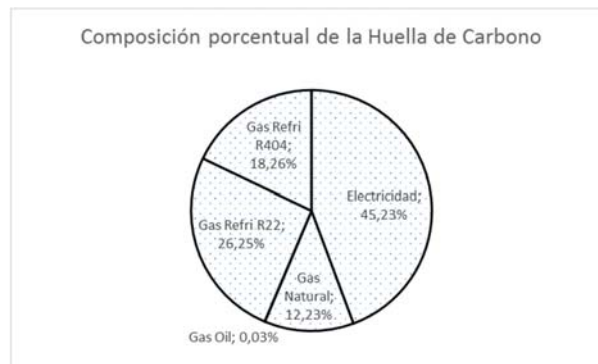


Fig. 1: Composición porcentual de la huella de carbono de una de las sucursales estudiadas

A partir del relevamiento y posterior análisis de los distintos consumos se efectuó el desagregado de la composición de los distintos consumos y su aporte a la HC. En la Fig. 2 se presentan los resultados correspondientes a una de las sucursales estudiadas. Del análisis de estos resultados surgieron propuestas de mejora que luego fueron presentadas a las autoridades y responsables de los sectores involucrados de la institución. Estos resultados permiten establecer prioridades para elaborar un plan de mejoras y/o correcciones.

Se puede observar que la mayor contribución a la HC proviene de la recarga de gases refrigerantes, debido a sus elevados factores de emisión. Se propone una acción correctiva para una primera etapa, consistente en reforzar el mantenimiento preventivo de los equipos de frío, a fin de evitar o reducir al mínimo las fugas de estos gases. Mientras tanto, y para implementar en una segunda etapa, se propone evaluar el paulatino reemplazo de los equipos de frío por otros que utilicen gases de menor impacto en la HC.

En un segundo lugar aparece el consumo eléctrico y dentro de éste la iluminación. En este punto cabe considerar no sólo el aspecto ambiental sino también el económico, ya que un reemplazo de las lámparas actuales, en su mayoría tubos fluorescentes, por otras de tipo LED tendrá también un gran impacto económico. Sin embargo, dicho reemplazo implica una inversión considerable.

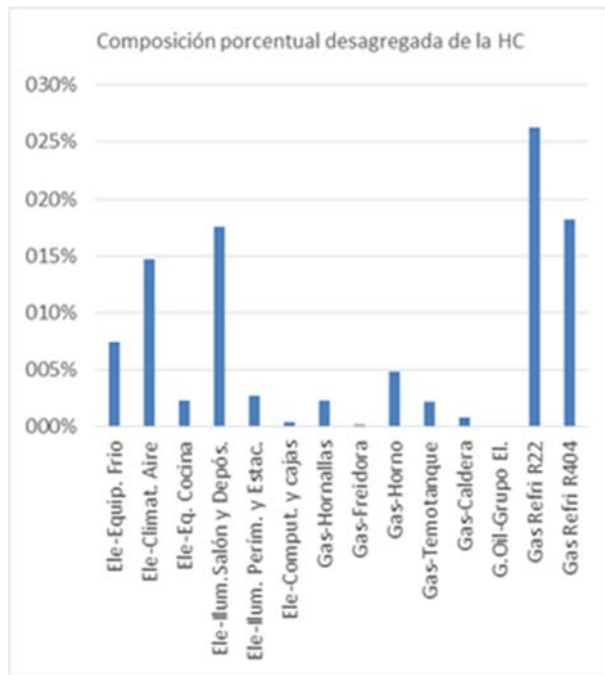


Fig. 2 Desagregado de la composición de la HC de una de las sucursales

Es de destacar la importancia de haber interactuado con el personal técnico de mantenimiento, tanto para la obtención de información como asistencia para efectuar las mediciones.

## 2. CONCLUSIONES

Se propone construir en la segunda etapa del trabajo una planilla de cálculo que permita sistematizar la carga de los consumos de cada sucursal, de forma tal que se pueda obtener la HC por sucursal y total; se estudiarán además los equipamientos por sector que emiten GEI para los establecimientos industriales y administrativos y su incidencia en el total de la organización. Aunque esto último no es necesario para obtener la estimación de la HC, brinda información relevante para decidir sobre las futuras acciones de mejora, tanto en el plano de la disminución de dichas emisiones como también para la definición de un Plan de Eficiencia Energética.

## REFERENCIAS

- [1] COP22. *22 Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Marrakech. (2016).  
En: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/cop22/>
- [2] Van Engel, J. *Un nuevo impulso para el Protocolo de Montreal en su lucha contra el cambio climático*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (2016).



En: <http://bit.ly/2o7zrgK>.

- [3] Terraza H., Balnc Rubio D. y Varela F., *De las ciudades emergentes a las ciudades sostenibles. Comprendiendo y proyectando las metrópolis del siglo XXI*, Editorial ARQ ediciones. BID. Santiago de Chile, (2016).
- [4] Gimenez Herrera, L., *Manual de Cálculo y Reducción de la Huella de Carbono en el sector del comercio*, Observatorio de la Sostenibilidad de España, Estudio Gráfico Europeo SA. (2015).
- [5] Gobierno de España. *Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un Plan de Mejora de una organización*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015).  
En: <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- [6] Secretaría de Energía de la Nación. Factores de emisión. Sistema Eléctrico de Argentina, (2014).

En:[http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/mercado\\_electrico/factor\\_emision/Factor\\_Emision\\_2014\\_1.xls](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/factor_emision/Factor_Emision_2014_1.xls)

- [7] Gómez, D. et al. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Capítulo 2. Combustión Estacionaria. Volumen 2, Energía. (2006).  
En: <http://www.ipccngip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>