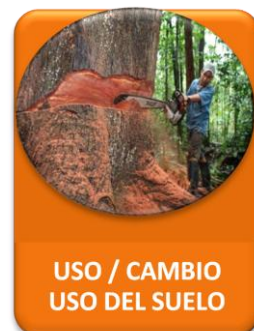
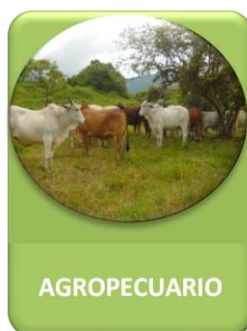
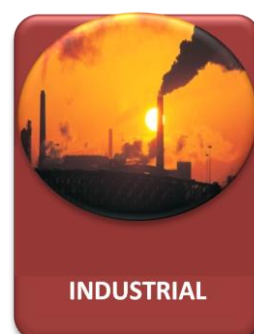
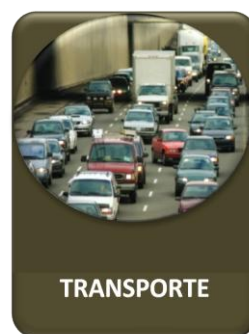
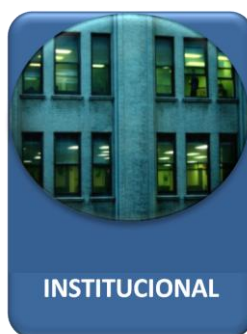


GUÍA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA A NIVEL SECTORIAL



JUNIO DE 2013

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES	2
1.1 CAMBIO CLIMÁTICO	2
1.2 GASES DE EFECTO INVERNADERO	3
1.3 HUELLA DE CARBONO	5
1.4 FACTORES DE EMISIÓN	6
1.4.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA COMBUSTIBLES	6
1.4.2 FACTOR DE EMISIÓN PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA	7
1.4.3 FACTORES DE EMISIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES	8
1.4.4 FACTORES DE EMISIÓN PARA ACTIVIDADES AGROPECUARIAS	10
1.4.5 FACTORES DE EMISIÓN PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS	12
1.4.6 FACTORES DE EMISIÓN PARA USO DE SUELO	13
2. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO A NIVEL SECTORIAL	15
2.1 PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO A NIVEL SECTORIAL	16
2.2 PASO 1: SELECCIONAR LOS LÍMITES DE ANÁLISIS	16
2.3 PASO 2: IDENTIFICAR Y CLASIFICAR LAS FUENTES DE EMISIÓN DE GEI	17
2.4 PASO 3: RECOLECTAR LOS DATOS Y ESCOGER LOS FACTORES DE EMISIÓN	18
2.5 PASO 4: CALCULAR LA HUELLA DE CARBONO A NIVEL SECTORIAL	19
2.6 PASO 5: INTERPRETAR LOS RESULTADOS	19
3. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR INSTITUCIONAL	20
4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR TRANSPORTE	23
5. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR INDUSTRIAL	25
6. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR AGROPECUARIO	28
7. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR RESIDUOS	31
8. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR USO DE SUELO, CAMBIO USO DE SUELO Y SILVICULTURA	34
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

ANEXO 1	37
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL HFC's, PFC's Y OTRAS SUSTANCIAS.....	37

INTRODUCCIÓN

El cambio climático se constituye en uno de los principales retos para la humanidad, dada las implicaciones que sus efectos generan sobre los diferentes sectores de la sociedad. La modificación del clima a escala global se atribuye principalmente al aumento de la concentración en la atmósfera de los denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI), originados por el uso intensivo de combustibles fósiles, la deforestación y otras actividades antrópicas, que están enmarcadas en patrones de consumo y producción insostenibles.

La Segunda Comunicación Nacional de Colombia sobre Cambio Climático (*IDEAM 2010*), que contiene un inventario de los Gases Efecto Invernadero (GEI) generados en el país por los distintos sectores productivos, establece que la contribución de Colombia a las emisiones globales de GEI es baja (180.010 Gg de CO₂ equivalente, aproximadamente 0.37% del total mundial). No obstante, se evidencia que durante los años 1990 a 2004, estas emisiones vienen aumentando considerablemente.

A nivel regional se tiene que en el año 2008, la región Cundinamarca - Bogotá, generó un total de emisiones de GEI de 22.963 GgCO₂ equivalente, de las cuales el 46% se generaron en Cundinamarca (10.459 GgCO₂e) y el 54% en Bogotá (12.508 GgCO₂e). Del total de emisiones generadas en Cundinamarca, el 56% corresponde al consumo de energía, el 35% a las actividades agropecuarias, el 6% al manejo y disposición final de residuos, y el 3% a los procesos industriales¹.

Frente a este panorama es necesario abordar acciones que permitan mitigar y/o compensar las emisiones de GEI, acordes a las capacidades técnicas, económicas y sociales de la población, sin llegar a comprometer la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental de la región. En este sentido, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR-, la Cámara de Comercio de Bogotá –CCB- y la Corporación Ambiental Empresarial – CAEM-, han aunado esfuerzos para fortalecer la capacidad de la autoridad ambiental para identificar oportunidades a nivel sectorial para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Como parte de los resultados de este trabajo conjunto, se tiene la presente “**GUÍA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA A NIVEL SECTORIAL**”, que orienta sobre el procedimiento a seguir para cuantificar las emisiones de GEI en términos de CO₂ equivalente, aplicable a los sectores: institucional; industrial; transporte; agropecuario; residuos; y uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura; ubicados en la jurisdicción de la CAR.

¹ Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Bogotá D.C. – Cundinamarca Año 2008. Plan Regional Integrado de Cambio Climático (PRICC) para la Región Capital Bogotá – Cundinamarca.

1. GENERALIDADES

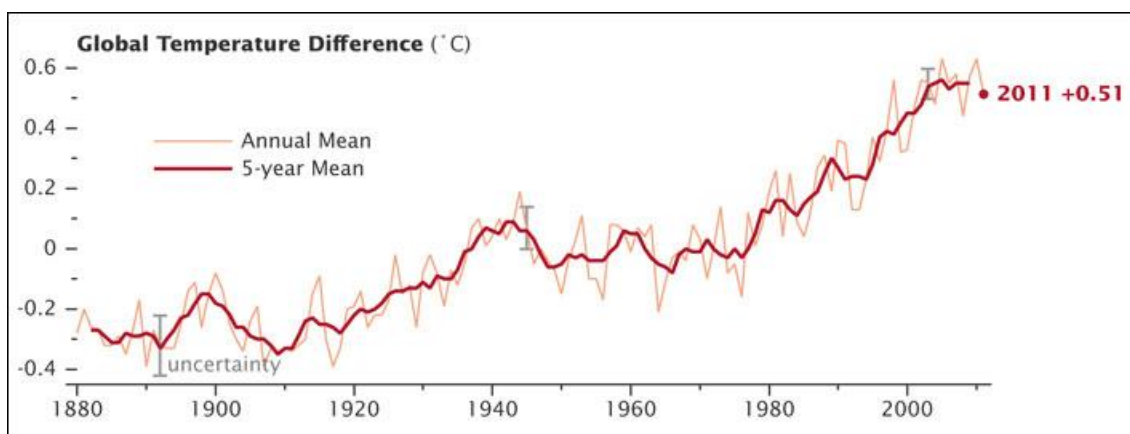
1.1 CAMBIO CLIMÁTICO

Según el IPCC² se define como cualquier variación de las condiciones climáticas medias y/o variabilidad de sus propiedades, que se puede identificar y se mantiene durante un período de tiempo prolongado, generalmente décadas o más. Puede deberse tanto a procesos naturales como antropogénicos.

Según la CMNUCC³, es el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables.

Las evidencias científicas establecen que la variación en las condiciones climáticas han generado un incremento de la temperatura media global de la atmósfera terrestre y de los océanos, que posiblemente alcanzó el nivel de calentamiento a mediados del siglo XX, para excederlo a partir de entonces, constituyéndose en lo que se conoce como el “Calentamiento Global” (Véase Figura 1).

Figura 1. Diferencia de Medias de las Temperaturas de la Tierra en el Período 1880-2011



Fuente: www.nasa.gov

Por otra parte el IPCC sostiene que: “la mayoría de los aumentos observados en la temperatura media del globo desde mitad del siglo XX, son muy probablemente debidos al aumento observado en las concentraciones de GEI de origen antropogénico”; y predice que el calentamiento global continuará si no se adoptan acciones que reduzcan o compensen las emisiones de GEI.

² Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, por sus siglas en inglés).

³ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Entre las medidas que pueden ser herramientas clave para combatir el cambio climático destacan:

- Reducir la emisión de GEI, con lo que se evita que su concentración en la atmósfera siga aumentando. Esto se puede conseguir a través de la eficiencia y el ahorro energético y el uso de energías renovables.
- Incrementar las superficies forestales, ya que actúan como sumideros absorbiendo Dióxido de Carbono.

1.2 GASES DE EFECTO INVERNADERO

El Efecto Invernadero se refiere a la retención del calor del sol en la atmósfera por parte de una capa de gases. Sin ellos la vida tal como se conoce no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío. Los procesos antrópicos han generado que la concentración de estos gases haya aumentado un 30% desde el siglo pasado, afectando la capacidad de la naturaleza de equilibrar las emisiones.

En el Cuadro 1 se mencionan los principales GEI definidos en el Anexo A del Protocolo de Kyoto⁴, con su respectivo Potencial de Calentamiento Global, en términos de CO₂ equivalente.

Cuadro 1. Principales Gases de Efecto Invernadero – GEI y Su Potencial de Calentamiento Global para un Horizonte de 100 Años

GAS DE EFECTO INVERNADERO - GEI		POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (para obtener CO ₂ e multiplicar por)	
		IPCC 1995 ⁵	IPCC 2007 ⁶
Dióxido de Carbono	CO ₂	1	1
Metano	CH ₄	21	25
Óxidos Nitroso	N ₂ O	310	298
Hexafluoruro de Azufre	SF ₆	23.900	22.800
Hidrofluorocarbonados	HFC's	140 - 11.700	124 – 14.800
Perfluorocarbonados	PFC's	6.500 – 9.200	7.390 – 12.200

Fuente: www.ipcc.ch

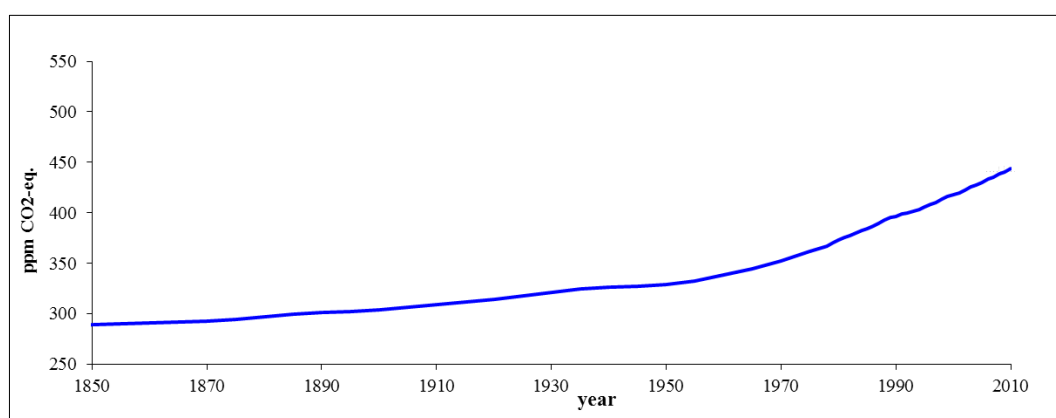
⁴ Es un protocolo de la CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. 1998.

⁵ Corresponde a los factores de emisión del Segundo Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 1995 (SAR por sus siglas en inglés)

⁶ Corresponde a los factores de emisión del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2007 (AR4 por sus siglas en inglés)

La concentración de CO₂ aumenta por el uso de combustibles fósiles como fuente de energía, para el transporte y en procesos industriales. La concentración de CH₄ en la atmósfera aumenta en mayor medida por el tratamiento y la incineración de residuos en los vertederos, la digestión de los rumiantes, la gestión del estiércol, que a su vez, junto con los fertilizantes agrícolas también producen importantes cantidades de N₂O; mientras que el incremento en la concentración de SF₆ se debe a su uso como aislante eléctrico, y el de los HFC's y PFC's por su uso como disolventes aerosoles y refrigerantes, principalmente.

Figura 2. Tendencias Observadas en la Concentración de GEI en la Atmósfera en el Período 1850 - 2010



Fuente: European Environment Agency. www.eea.europa.eu

En el Cuadro 2 se relacionan los GEI con los diferentes sectores productivos.

Cuadro 2. Gases de Efecto Invernadero Generados por los Sectores Productivo

SECTOR PRODUCTIVO	FUENTE DE EMISIÓN DE GEI	GEI					
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
Institucional	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
Transporte	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
Industrial	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
	Consumo de aislante térmico						X
	Procesos fisicoquímicos	X	X	X		X	
	Tratamiento de aguas residuales y lodos		X				

SECTOR PRODUCTIVO	FUENTE DE EMISIÓN DE GEI	GEI					
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
Agropecuario	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
	Fermentación entérica		X	X			
	Manejo de estiércol		X				
	Uso de fertilizante sintético			X			
	Quemas de residuos agrícolas		X	X			
Residuos	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
	Residuos sólidos dispuestos en tierra		X				
	Tratamiento de aguas residuales		X				
Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Quema de biomasa	X	X	X			

Fuente: Adaptado de IDEAM 2010

1.3 HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono cuantifica la cantidad de emisiones de GEI, expresadas en toneladas de CO₂ equivalente, que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad⁷.

Las emisiones de GEI se dividen en:

- **Emisiones Directas:** Aquellas que son emitidas desde fuentes que son controladas.
- **Emisiones Indirectas:** Aquellas que son consecuencia de las actividades, pero que son emitidas desde fuentes que no son controladas.

Las emisiones de GEI típicamente provienen de las siguientes categorías de fuentes:

- **Combustión Fija:** combustión de combustibles en equipos estacionarios o fijos.
- **Combustión Móvil:** combustión de combustibles en medios de transporte.
- **Emisiones de Proceso:** emisiones de procesos físicos o químicos.

⁷ Enfoques Metodológicos para el Cálculo de la Huella de Carbono. Observatorio de la Sostenibilidad en España. 2010.

- **Emisiones Fugitivas:** liberaciones intencionales y no intencionales.

El cálculo de las emisiones de GEI debe realizarse de acuerdo a la disponibilidad de datos.

Lo óptimo para determinar las emisiones de procesos es utilizar mediciones directas de los gases de escape de los diferentes procesos. Sin embargo, como generalmente no se cuenta con estas mediciones, las emisiones deben estimarse multiplicando el consumo de combustible por factores de emisión específicos.

1.4 FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante, generada por la fuente en estudio.

1.4.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA COMBUSTIBLES

Los factores de emisión de los combustibles varían no solamente de acuerdo con el tipo de combustible, sino con la actividad en la que se aplique su proceso de combustión y la tecnología utilizada para tal fin.

La Unidad de Planeación Minero Energética – UPME ha desarrollado para Colombia factores de emisión para combustibles líquidos, sólidos y gaseosos, tal como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Factores de Emisión para los Combustibles Colombianos

TIPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN	
		CANTIDAD	UNIDAD
Líquido	ACPM	10.15	kgCO ₂ e/gal
	Combustóleo	11.76	kgCO ₂ e/gal
	Crudo de Castilla	11.72	kgCO ₂ e/gal
	Diesel Genérico	10.15	kgCO ₂ e/gal
	Gasolina Genérico	8.15	kgCO ₂ e/gal
	Kerosene Col.	9.71	kgCO ₂ e/gal
	Kerosene Genérico	9.72	kgCO ₂ e/gal
	Oil Crude	11.54	kgCO ₂ e/gal
	Biodiesel Genérico	9.44	kgCO ₂ e/gal
	Biogasolina Genérica	7.17	kgCO ₂ e/gal
Sólido	Bagazo	1.68	kgCO ₂ e/kg
	Carbón Genérico	2.45	kgCO ₂ e/kg
	Fibra Palma de Aceite	1.93	kgCO ₂ e/kg
	Leña	1.84	kgCO ₂ e/kg
	Madera – Genérico	1.15	kgCO ₂ e/kg

TIPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN	
		CANTIDAD	UNIDAD
Gaseoso	Biogás Central	1.97	kgCO ₂ e/Nm ³
	Coke Gas D	0.77	kgCO ₂ e/Nm ³
	Gas Domaci	1.86	kgCO ₂ e/Nm ³
	Gas Líquido D	7.11	kgCO ₂ e/Nm ³
	Gas Natural Genérico	1.86	kgCO ₂ e/Nm ³
	LNG Genérico	1.86	kgCO ₂ e/Nm ³
	LPG Genérico	7.11	kgCO ₂ e/Nm ³
	LPG Propano	8.21	kgCO ₂ e/Nm ³
	Oil Gas	2.68	kgCO ₂ e/Nm ³

Fuente: Adaptado de Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos. www.siam.gov.co

1.4.2 F_{FACTOR DE EMISIÓN PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA}

El factor de emisión para la energía eléctrica varía de acuerdo a la participación de las diferentes fuentes de generación de energía, que pueden ser: hidroeléctrica y termoeléctrica, entre las más comunes.

La energía eléctrica que se consume en los sectores productivos es adquirida del Sistema Interconectado Nacional – SIN. Debido a que en el país no existe un factor de emisión asociado al consumo de energía eléctrica adquirida, es necesario utilizar el definido por la Agencia Internacional de Energía – IEA (por sus siglas en inglés), que corresponde al promedio de los años 2007 al 2009, cuyo valor es **0.136 kgCO₂ e/kWh**⁸ (Véase Cuadro 4).

Cuadro 4. Factor de Emisión para la Energía Eléctrica Adquirida

AÑO	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ e/kWh)
2007	0.127
2008	0.107
2009	0.175
Promedio	0.136

Fuente: Agencia Internacional de Energía. www.iea.org

⁸ IEA Statistics – Edition 2011. www.iea.org

1.4.3 FACTORES DE EMISIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES

El IPCC contempla una serie de industrias que dentro de su proceso de transformación de materias primas en productos finales, generan GEI. Para esta guía se consideran procesos de extracción de carbón, producción de coque, cemento y la producción de algunos productos químicos, como son: cal viva, cal dolomítica y amoníaco. También se incluyen los factores de emisión para el tratamiento de aguas residuales industriales y el tratamiento de lodos de las PTAR.

En el Cuadro 5 se presentan los factores de emisión para los procesos industriales mencionados anteriormente.

Cuadro 5. Factores de Emisión para Procesos Industriales

PROCESOS INDUSTRIALES		FACTOR DE EMISIÓN	
		CANTIDAD	UNIDAD
Extracción de Carbón - Subterráneo	IPCC 1995	262.41	kgCO ₂ e/Ton
	IPCC 2007	312.39	
Extracción de Carbón - Cielo Abierto	IPCC 1995	17.59	kgCO ₂ e/Ton
	IPCC 2007	20.94	
Producción de coque	IPCC 1995	10.5	kgCO ₂ e/Ton
	IPCC 2007	12.5	
Producción de cemento (Cinca)		507.1	kgCO ₂ e/Ton
Producción de Cal Viva		790	kgCO ₂ e/Ton
Producción de Cal Dolomítica		910	kgCO ₂ e/Ton
Producción de Amoníaco		1,500	kgCO ₂ e/Ton
Tratamiento de residuos líquidos	IPCC 1995	4.73	kgCO ₂ e/kgDQO
	IPCC 2007	5.63	
Tratamiento de lodos	IPCC 1995	4.73	kgCO ₂ e/kgDQO
	IPCC 2007	5.63	

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Los factores de emisión de la producción de cemento, cal viva, cal dolomítica y amoníaco, se obtuvieron directamente del Módulo Procesos Industriales de las Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.

Para el determinar el factor de emisión para la extracción de carbón se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{ec} = FE_{CH_4} * FC * PCG_{CH_4}$$

Donde:

FE_{ec}: Factor de emisión para la extracción de carbón.

- FECH₄: Factor de emisión para CH₄ en m³/Ton carbón (Tabla I-5 Módulo Energía. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996. Se utilizó el promedio de los valores recomendados).
- FC: Factor de conversión (0.67 Gg/106 m³).
- PCG: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para la producción de coque se utiliza la siguiente fórmula de cálculo es:

$$FEC = FECH_4 \times PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FEC: Factor de emisión para la producción de coque.
- FECH₄: Factor de emisión para CH₄ proveniente de la fabricación de coque (0.25 kgCH₄/Tonelada de producción). Tabla 2-9 Módulo Procesos Industriales. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.
- PCG_{CH₄}: Potencial de Calentamiento Global del Metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el tratamiento de las aguas residuales industriales se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{ARI} = CMP_{CH_4} * FC_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{ARI}: Factor de emisión para tratamiento de las aguas residuales industriales.
- CMP_{CH₄}: Capacidad máxima de producción de metano en las aguas residuales industriales (el valor por defecto es 0.25 kgCH₄/kgDBO₅, según IPCC).
- FC_{CH₄}: Factor de corrección para el metano (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).
- PCG_{CH₄}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para la producción de lodos orgánicos en el tratamiento de las aguas residuales industriales se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{LRI} = CMP_{CH_4} * FC_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{LRI}: Factor de emisión para la producción de lodos orgánicos en el tratamiento de las aguas residuales industriales.
- CMP_{CH₄}: Capacidad máxima de producción de metano en los lodos orgánicos producidos en el tratamiento de las aguas residuales industriales (el valor por defecto es 0.25 kgCH₄/kgDBO₅, según IPCC).
- FC_{CH₄}: Factor de corrección para el metano (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).
- PCG_{CH₄}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

1.4.4 FACTORES DE EMISIÓN PARA ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

El IPCC contempla como fuentes de emisión de GEI en las actividades agropecuarias, la fermentación entérica, el manejo de estiércol y la quema de residuos agrícolas, entre otros

En el Cuadro 6 se presentan los factores de emisión para las actividades agropecuarias mencionadas anteriormente.

Cuadro 6. Factores de Emisión para Actividades Agropecuarias

ACTIVIDAD AGROPECUARIA		FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /cabeza)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Fermentación Entérica	Ganado vacuno lechero	1,197	1,425
	Ganado vacuno no lechero	1,029	1,225
	Búfalos	1,155	1,375
	Ovejas	105	125
	Cabras	105	125
	Caballos	378	450
	Mulas y Asnos	210	250
	Cerdos	21	25
Manejo de Estiércol	Ganado vacuno lechero	0.00	0.00
	Ganado vacuno no lechero	21.00	25.00
	Búfalos	21.00	25.00
	Ovejas	2.10	2.50
	Cabras	2.31	2.75
	Caballos	22.89	27.25
	Mulas y Asnos	12.60	15.00
	Cerdos	0.00	0.00
	Aves de Corral	0.25	0.30
Uso de Fertilizantes Sintéticos		3.49	3.35
Quema de Residuos Agrícolas		0.06	0.07

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Para el determinar el factor de emisión para la fermentación entérica se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{fe} = FE_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{fe}: Factor de emisión para la fermentación entérica.
 FECH₄: Factor de emisión para CH₄ procedente de la fermentación entérica del ganado en kgCH₄/cabeza/año (Tablas 4-2 y 4-3 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
 PCG_{CH4}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el manejo del estiércol se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{me} = FECH_4 * PCG_{CH4}$$

Donde:

- FE_{me}: Factor de emisión para el manejo del estiércol.
 FECH₄: Factor de emisión para CH₄ por el manejo del estiércol en kgCH₄/cabeza/año (Tablas 4-4 y 4-5 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996. Se utilizaron los valores para los países en desarrollo y clima frío).
 PCG_{CH4}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el uso de fertilizantes sintéticos se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{FS} = N_{fert} * (1 - Frac_{GASF}) * FE_i * PCG_{N2O}$$

Donde:

- FE_{FS}: Factor de emisión para el uso de fertilizantes sintéticos.
 Fra_{GASF}: Fracción del fertilizante sintético que se emite como NO_x + NH₃ (el valor por defecto es 0.1 kg NO_x + NH₃/kg N, según IPCC).
 FE_i: Factor de emisión para N₂O del aporte de nitrógeno (el valor por defecto es 0.0125 kg N₂O/kg N, según IPCC).
 PCG_{N2O}: Potencial de Calentamiento Global del N₂O, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para la quema de residuos agrícolas se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{gra} = (Praq * FO * CTL * TECH_4 * PCG_{CH4}) + (Praq * FO * CTL * NC * TEN_2O * PCG_{N2O})$$

Donde:

- FE_{gra}: Factor de emisión para la quema de residuos agrícolas.
 Praq: Cantidad de residuos agrícolas quemados en kg.
 FO: Fracción oxidada (por defecto es 0.9 según IPCC).
 CTL: Carbono total liberado (por defecto es 0.5, según IPCC).

- TECH₄: Tasa de emisión para CH₄ por la quema de residuos agrícolas (0.005, según Tabla 4-16 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.
- PCG_{CH4}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.
- NC: Relación nitrógeno carbono (por defecto es 0.015, según promedio de valores recomendados por el IPCC).
- TEN_{4O}: Tasa de emisión para N₂O por la quema de residuos agrícolas (0.007, según Tabla 4-16 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.
- PCG_{N2O}: Potencial de Calentamiento Global del óxido nitroso, según Cuadro 1.

1.4.5 FACTORES DE EMISIÓN PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS

El IPCC contempla como fuentes de emisión de GEI la disposición de residuos sólidos en tierra, el tratamiento de las aguas residuales y lodos orgánicos.

En el Cuadro 7 se presentan los factores de emisión relacionados con el manejo y tratamiento de los residuos.

Cuadro 7. Factores de Emisión para Tratamiento de Residuos

PROCESOS DE TRATAMIENTO RS		FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /kg RS)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Disposición de residuos sólidos	Vertedero controlado	10.78	12.83
	No controlado profundo (≥ 5 m)	8.62	10.27
	No controlado poco profundo (< 5 m)	4.31	5.13
PROCESOS DE TRATAMIENTO ARD		FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /persona)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Tratamiento de aguas residuales domésticas		61.32	73.00

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Para el determinar el factor de emisión para el tratamiento de residuos se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{DRS} = FC_{CH4} * COD * FCL * FECH_4 * 16/12 * FC * PCG_{CH4}$$

Donde:

- FE_{DRS}: Factor de emisión para disposición de residuos sólidos.
- FC_{CH4}: Factor de corrección para el metano (Tabla 6-2 Módulo Desperdicios. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- COD: Carbono orgánico degradable (por defecto es 0.77, según IPCC).

- FCL: Fracción de carbono liberado como metano (por defecto es 0.5, según IPCC).
 FC: Factor de corrección para la oxidación del metano (el valor por defecto es 1, según IPCC).
 PCG_{CH4}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el tratamiento de las aguas residuales domésticas se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{ARD} = CO_{DBO5} * CMP_{CH4} * FC_{CH4} * PCG_{CH4}$$

Donde:

- FE_{ARD}: Factor de emisión para tratamiento de las aguas residuales domésticas.
 COD_{BO5}: Componente orgánico degradable en las aguas residuales domésticas (14.6 kgDBO₅/persona, según Tabla 6-5 Módulo Desperdicios Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
 CMP_{CH4}: Capacidad máxima de producción de metano en las aguas residuales domésticas (el valor por defecto es 0.25 kgCH₄/kgDBO₅, según IPCC).
 FC_{CH4}: Factor de corrección para el metano (el valor por defecto es 0.8, según IPCC).
 PCG_{CH4}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

1.4.6 FACTORES DE EMISIÓN PARA USO DE SUELO

El IPCC contempla como fuentes de emisión de GEI el uso de madera como leña y la quema de biomasa, entre otras.

En el Cuadro 8 se presentan los factores de emisión relacionados con el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

Cuadro 8. Factores de Emisión Asociados con el Uso de Suelo, Cambio del Uso de Suelo y Silvicultura

PROCESOS		FACTOR DE EMISIÓN	
		CANTIDAD	UNIDAD
Consumo de Leña como Combustible		1.84	kgCO ₂ e/kg
Consumo de Madera – Genérico como Combustible		1.15	kgCO ₂ e/kg
PROCESOS		FACTOR DE EMISIÓN kgCO ₂ /Ha quemada	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Quema de Biomasa	Bosque tropical	265.97	269.16
	Bosque Boreal mezcla de latifoliada y coníferas	112.60	113.94
	Coníferas	119.69	121.12
	Bosque - Tundra	24.82	25.12

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Los factores de emisión para consumo de leña y de madera, corresponde a los mismos que están mencionados en el Cuadro 3.

Para el determinar el factor de emisión para la quema de biomasa se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{qb} = (MS * FBO * FCB * 44/12) + (MS * FBO * FCB * NC * TEN_2O * PCG_{N_2O}) + (MS * FBO * FCB * TECH_4 * PCG_{CH_4})$$

Donde:

- FE_{qb}: Factor de emisión para la quema de biomasa.
- MS: Materia seca en la biomasa (Tablas 5-3 y 5-4 Módulo Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- FBO: Fracción de biomasa oxidada (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).
- FCB: Fracción de carbono en la biomasa (el valor por defecto es 0.5, según IPCC).
- NC: Relación nitrógeno carbono (el valor por defecto es 0.01, según IPCC).
- TEN_{2O}: Tasa de emisión para N₂O por la quema de residuos agrícolas (0.007, Tabla 5-5 Módulo Cambio del Uso de la tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- PCG_{N₂O}: Potencial de Calentamiento Global del óxido nitroso, según Cuadro 1.
- TECH₄: Tasa de emisión para CH₄ por la quema de residuos agrícolas (0.012, según Tabla 5-5 Módulo Cambio del Uso de la tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- PCG_{CH₄}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

2. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO A NIVEL SECTORIAL

Para el cálculo de la huella de carbono a nivel sectorial, se consideraron las siguientes directrices y estándares reconocidos internacionalmente:

- **Directrices del IPCC para la Elaboración de Inventarios Nacionales de Emisiones de GEI**

Las guías metodológicas para la elaboración de inventarios de emisiones y sumideros de GEI del IPCC, comprenden: las directrices de 1996, las buenas prácticas en la elaboración de los inventarios (versión 2000 y 2003) y las directrices del 2006. Estas metodologías se basan en cálculo de emisiones a partir de datos de actividad y factores de emisión para cada país o región. Los factores de emisión a emplear pueden ser propios, es decir, desarrollados por cada país para las condiciones específicas de cada uno y en caso de no contar con dichos factores pueden ser asumidos por defecto de los suministrados por el IPCC los cuales son el resultado de múltiples investigaciones en diferentes países del mundo. La estructura de las guías clasifica las emisiones por categorías principales denominadas módulos, con sus respectivas sub-categorías, para cada una de ellas (y en algunos casos para cada GEI) contemplan hasta tres niveles metodológicos para el cálculo de las emisiones que dependen del grado de detalle de la información disponible para realizar el cálculo.

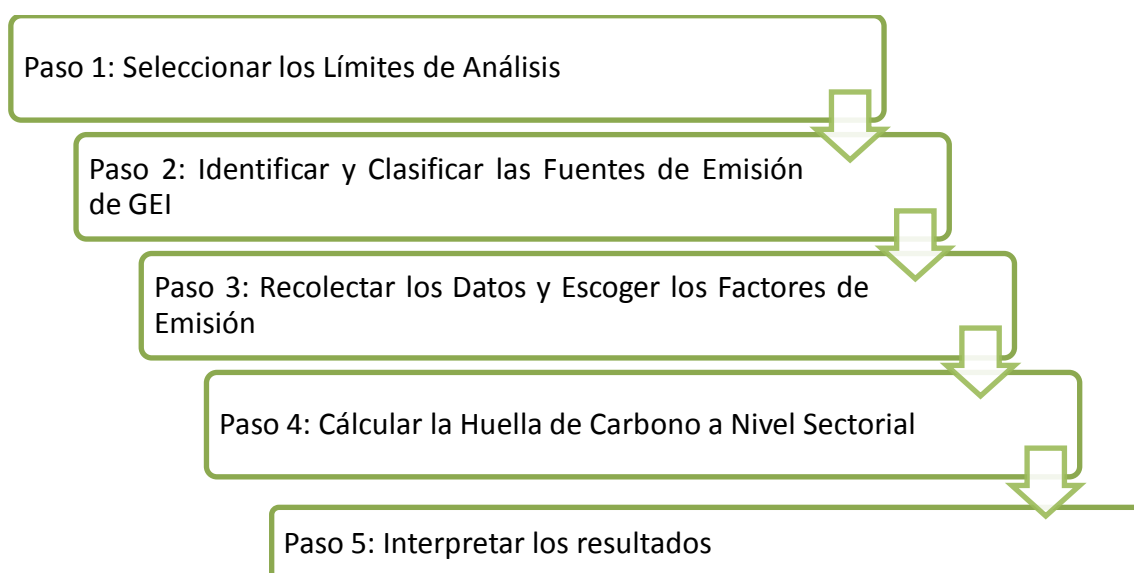
- **GHG Protocol**

Es una iniciativa producto de una alianza multipartita de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONG's), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD). La Iniciativa orienta a las empresas en la elaboración del inventario de GEI debido a sus emisiones reales, mediante la utilización de enfoques y principios estandarizados y pone a disposición de las empresas insumos para el planteamiento de estrategias efectivas de gestión y reducción de emisiones de GEI. Cuenta con dos guías metodológicas: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, guía minuciosa para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI y Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI, guía para la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI derivadas de proyectos específicos.

2.1 PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO A NIVEL SECTORIAL

A partir de las directrices y estándares internacionales, se tiene que el procedimiento para el cálculo de la huella de carbono a nivel sectorial, contiene los pasos que se mencionan en la Figura 3.

Figura 3. Procedimiento para el Cálculo de la Huella de Carbono a Nivel Sectorial



2.2 PASO 1: SELECCIONAR LOS LÍMITES DE ANÁLISIS

Corresponde con el alcance deseado para el cálculo, el cual está relacionado con los siguientes aspectos:

- **Límite Territorial**

Define el nivel territorial que será incluido en el análisis: local, municipal o departamental. Debe tenerse en cuenta que en muchos casos este nivel dependerá de la disponibilidad de información.

- **Límite Sectorial**

Define los sectores productivos que se incluirán en el análisis: institucional, transporte, industrial, agropecuario, residuos y/o uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura. De igual forma, estos dependen de la disponibilidad de información.

- **Año Base**

Corresponde al año que cuenta con información confiable de emisiones, y que servirá de base para futuras comparaciones, respecto al comportamiento de las emisiones de GEI del territorio.

2.3 PASO 2: IDENTIFICAR Y CLASIFICAR LAS FUENTES DE EMISIÓN DE GEI

Para cada uno de los sectores productivos considerados en el análisis se deberá identificar las fuentes de emisión de GEI, teniendo en cuenta lo establecido en el Cuadro 2.

Posteriormente, las fuentes de emisión deben ser clasificadas en:

- Alcance 1 - Emisiones de GEI Directas

Corresponden a las emisiones de GEI de fuentes que son controladas, tales como:

- Generación de fuentes fijas
Estas emisiones son el resultado de la combustión en fuentes fijas, por ejemplo calderas, hornos, turbinas y/o generadores.
- Generación de fuentes móviles
Estas emisiones son el resultado de la combustión de combustibles en fuentes móviles como por ejemplo buses, camiones, automóviles, trenes, barcos, aviones, etc.
- Procesos físicos o químicos
La mayor parte de estas emisiones son resultado de la fabricación o del procesamiento de materiales y químicos, por ejemplo extracción de carbón, producción de cemento, manufactura de amoníaco y procesamiento de residuos, entre otros.
- Emisiones fugitivas
Estas emisiones son el resultado de liberaciones intencionales o no intencionales de GEI a la atmósfera como por ejemplo fugas en juntas, sellos o empaques; emisiones de metano de minas de carbón o ganado; emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC's) durante el uso de equipo de aire acondicionado y refrigeración; y fugas de gas durante el transporte.

- Alcance 2 - Emisiones de GEI Indirectas Debidas al Uso de Energía

Toma en cuenta las emisiones debido a la generación de electricidad consumida y comprada. Las emisiones del Alcance 2 ocurren físicamente en la instalación donde la electricidad es generada.

2.4 P_{ASO} 3: R_{ECOLECTAR} LOS D_{ATOS} Y E_{SCOGER} LOS F_{ACTORES} DE E_{MISIÓN}

Es el paso más difícil y fundamental del procedimiento, ya que de la disponibilidad y calidad de la información depende la validez del cálculo de la huella de carbono.

En el Cuadro 9 se mencionan las posibles fuentes de información.

Cuadro 9. Fuentes de Información para la Obtención de las Cargas Ambientales

FUENTE DE EMISIÓN DE GEI	FUENTES DE INFORMACIÓN	FACTOR DE EMISIÓN O POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL ASOCIADO
Consumo de aislante térmico	Cantidad de aislante utilizado en el mantenimiento de equipos eléctricos	Cuadro 1
Consumo de combustibles fósiles	Registros de consumo o de compra de combustibles	Cuadro 3
Consumo de energía eléctrica	Factura de la energía eléctrica adquirida	Cuadro 4
Consumo de refrigerantes	Cantidad de refrigerante recargado durante el mantenimiento de equipos	Cuadro 1 Anexo 1
Fermentación entérica	Cantidad de cabezas de ganado por especie	Cuadro 6
Manejo de estiércol	Cantidad de cabezas de ganado por especie	Cuadro 6
Procesos fisicoquímicos	Producción de materiales en procesos de extracción o industriales	Cuadro 5
Quema de residuos agrícolas	Cantidad de biomasa quemada	Cuadro 6
Quema de Biomasa	Cantidad de área afectada	Cuadro 8
Residuos sólidos dispuestos en tierra	Cantidad de metano generado en la disposición de residuos orgánicos	Cuadro 7
Tratamiento de aguas residuales industriales y lodos	Cantidad de carga orgánica presente en las aguas residuales y lodos en términos de DBO o DQO	Cuadro 5
Tratamiento de aguas residuales domésticas	Cantidad de personas que vierten al sistema de tratamiento de aguas residuales	Cuadro 7

Para seleccionar los factores de emisión, se deben tener en cuenta las fuentes de emisión de GEI y asociarlas a las definidas en los Cuadros 3 a 8.

En cuanto al CH₄, N₂O, HFC's y PFC's, se debe considerar que por ser GEI no está asociado a un factor de emisión, sino al Potencia de Calentamiento Global definido en el Cuadro 1.

2.5 P_{ASO} 4: C_{ALCULAR} LA H_{UELLA} DE C_{ARBONO} A N_{IVEL} S_{ECTORIAL}

Para esto se debe aplicar la siguiente fórmula para cada sector productivo:



La carga ambiental se refiere a:

- Consumo de aislante térmico
- Consumo de combustibles fósiles
- Consumo de energía eléctrica
- Consumo de refrigerantes
- Cantidad de área afectada (bosques y praderas)
- Número de cabezas de ganado
- Cantidad de material producido
- Cantidad de fertilizante sintético usado
- Cantidad de residuos sólidos orgánicos dispuestos en tierra
- Cantidad de aguas residuales y lodos tratados

Cuando la emisión de GEI resultante este expresada en un GEI diferente al CO₂, este resultado se deberá multiplicar por el Potencial de Calentamiento Global. De esta forma se tendrá la emisión total en cantidades de CO₂ equivalente.

2.6 P_{ASO} 5: I_{NTERPRETAR} LOS R_{ESULTADOS}

Los resultados pueden ser presentados tanto en tablas como en gráficas, y con los siguientes niveles de detalle:

- Emisiones de GEI totales para cada sector productivo
- Emisiones de GEI directas e indirectas para cada sector productivo
- Emisiones de GEI por tipo de fuente de emisión para cada sector productivo
- Emisiones de GEI por tipo de fuente de emisión y para todos los sectores productivos

Lo anterior permitirá identificar las mayores fuentes de emisión de GEI en el territorio, sobre las cuales se deberán implementar medidas de mitigación para lograr la reducción de la Huella de Carbono sectorial.

3. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR INSTITUCIONAL

Este sector incluye las siguientes instituciones públicas y privadas:

- Entidades territoriales
- Instituciones de educación
- Instituciones de salud
- Instituciones de investigación
- Instituciones financieras
- Organismos de desarrollo económico y social
- Organizaciones No Gubernamentales
- Sociedades público-privadas
- Empresas comerciales

En el Cuadro 10 se presentan las fuentes de emisión asociadas con este sector.

Cuadro 10. Fuentes de Emisión de GEI del Sector Institucional

ALCANCE	FUENTE DE EMISIÓN
1	Consumo de combustibles fósiles
	Consumo de refrigerantes
2	Consumo de energía eléctrica
3	Otras emisiones indirectas
	Consumo de materias primas e insumos
	Viajes de negocios

En el Cuadro 11 se presenta la hoja de trabajo para el cálculo de la huella de carbono en el sector institucional. En esta hoja de trabajo se tiene las siguientes notas:

- (a) Se refiere al combustible o refrigerante utilizado en el año base, según el Cuadro 3 y Anexo 1.
- (b) Se refiere a la cantidad consumida de combustible o refrigerante en el año base, según las unidades requeridas en el factor de emisión.
- (c) Corresponde al factor de emisión del combustible o Potencial de Calentamiento Global (PCG) del refrigerante, según el Cuadro 3 y el Anexo 1
- (d) Resulta de multiplicar el consumo por el factor de emisión, verificando las unidades correspondientes.
- (e) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los combustibles consumidos.
- (f) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los refrigerantes consumidos.
- (g) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono de los combustibles y de los refrigerantes
- (h) Corresponde a la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica adquirida, en el año base.
- (i) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono del Alcance 1 y del Alcance 2.

Para el cálculo de la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica, ya se tiene por defecto el factor de emisión correspondiente, por lo tanto solo se requiere conocer la cantidad de energía consumida en el año base, en kWh para realizar el cálculo directo.

Cuadro 11. Hoja de Trabajo para el Cálculo de la Huella de Carbono del Sector Institucional

FUENTE DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN ^(a)	CONSUMO ^(b)		FACTOR DE EMISIÓN ^(c) PCG		HUELLA DE CARBONO ^(d) (Ton CO ₂ e)
		CANT.	UN.	CANT.	UN.	
ALCANCE 1						
Consumo de Combustible						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Combustible ^(e)					
Consumo de Refrigerante						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Refrigerante ^(f)					
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 1 ^(g)						
ALCANCE 2						
Consumo de energía	Consumo de energía eléctrica			0.136	kgCO2 e/kWh	
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 2 ^(h)						
TOTAL EMISIONES DE GEI SECTOR INSTITUCIONAL ⁽ⁱ⁾						

No se incluyen fuentes de emisión relacionadas con el Alcance 3, ya que según el GHG Protocol, son opcionales y muchas de ellas corresponden a los Alcances 1 y 2 de los otros sectores productivos, lo que generaría una doble contabilidad de las emisiones de GEI.

4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR TRANSPORTE

En este sector se incluye:

- Terminales de transporte terrestre y aéreo
- Transporte terrestre (todas las formas de transporte que usen combustibles)
- Transporte aéreo
- Maquinaria (construcción y agrícola que use combustibles)

En el Cuadro 12 se presentan las fuentes de emisión asociadas con este sector.

Cuadro 12. Fuentes de Emisión de GEI del Sector Transporte

ALCANCE	FUENTE DE EMISIÓN
1	Consumo de combustibles fósiles
	Consumo de refrigerantes
2	Consumo de energía eléctrica

En el Cuadro 13 se presenta la hoja de trabajo para el cálculo de la huella de carbono en el sector transporte. En esta hoja de trabajo se tiene las siguientes notas:

- (a) Se refiere al combustible o refrigerante utilizado en el año base, según el Cuadro 3 y Anexo 1.
- (b) Se refiere a la cantidad consumida de combustible o refrigerante en el año base, según las unidades requeridas en el factor de emisión.
- (c) Corresponde al factor de emisión del combustible o Potencial de Calentamiento Global (PCG) del refrigerante, según el Cuadro 3 y el Anexo 1.
- (d) Resulta de multiplicar el consumo por el factor de emisión, verificando las unidades correspondientes.
- (e) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los combustibles consumidos.
- (f) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los refrigerantes consumidos.
- (g) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono de los combustibles y de los refrigerantes
- (h) Corresponde al consumo de energía eléctrica en los terminales y oficinas despachadoras, en el año base.
- (i) Corresponde a la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica adquirida.
- (j) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono del Alcance 1 y del Alcance 2.

Para el cálculo de la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica, ya se tiene por defecto el factor de emisión correspondiente, por lo tanto solo se requiere conocer la cantidad de energía consumida en el año base, en kWh para realizar el cálculo directo.

Cuadro 13. Hoja de Trabajo para el Cálculo de la Huella de Carbono del Sector Transporte

FUENTE DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN ^(a)	CONSUMO ^(b)		FACTOR DE EMISIÓN ^(c)		HUELLA DE CARBONO ^(d) (Ton CO ₂ e)
		CANT.	UN.	CANT.	UN.	
ALCANCE 1						
Consumo de Combustible						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Combustible ^(e)					
Consumo de Refrigerante						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Refrigerante ^(f)					
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 1 ^(g)						
ALCANCE 2						
Consumo de energía ^(h)	Consumo de energía eléctrica			0.136	kgCO2 e/kWh	
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 2 ⁽ⁱ⁾						
TOTAL EMISIONES DE GEI SECTOR TRANSPORTE ^(j)						

5. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR INDUSTRIAL

En este sector se incluye los siguientes procesos:

- Minería
- Petróleo y gas
- Industria manufacturera
- Generación de energía

En el Cuadro 14 se presentan las fuentes de emisión asociadas con este sector.

Cuadro 14. Fuentes de Emisión de GEI del Sector Industrial

ALCANCE	FUENTE DE EMISIÓN
1	Consumo de combustibles fósiles
	Consumo de refrigerantes
	Consumo de aislante térmico
	Procesos físico químicos
	Tratamiento de aguas residuales
2	Consumo de energía eléctrica

En el Cuadro 15 se presenta la hoja de trabajo para el cálculo de la huella de carbono en el sector industrial. En esta hoja de trabajo se tiene las siguientes notas:

- ^(a) En estas filas se incluye el consumo de combustible por tipo de combustible y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 3, para el año base de análisis.
- ^(b) En estas filas se incluye el consumo de refrigerantes por tipo de refrigerantes y se selecciona el Potencial de Calentamiento Global (PCG), según el Anexo 1, para el año base de análisis.
- ^(c) En esta fila se incluye el consumo de hexafluoruro de Azufre utilizado en el sector energético, para el año base de análisis, y se selecciona el Potencial de Calentamiento Global (PCG), según el Cuadro 3.
- ^(d) En estas filas se incluye la cantidad producida al año según el proceso industrial existente, con su respectivo factor de emisión, de acuerdo a lo establecido en el Cuadro 5, para el año base de análisis.
- ^(e) En estas filas se incluye la cantidad producida al año de carga orgánica en términos de DQO, ya sea por el tratamiento de efluentes líquidos industriales y/o de lodos, y se selecciona el factor de emisión según lo establecido en el Cuadro 5, para el año base de análisis.
- ^(f) Corresponde al consumo de energía en las edificaciones asociadas con los procesos industriales, en el año base. El Cuadro 15 por defecto establece el factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono por esta fuente de emisión.

- (g) Corresponde al factor de emisión o Potencial de Calentamiento Global (PCG) de la fuente de emisión, según los Cuadros 3 y 4 y el Anexo 1.
- (h) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los combustibles consumidos.
- (i) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los refrigerantes consumidos.
- (j) Corresponde a la huella de carbono por el consumo de hexafluoruro de Azufre.
- (k) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los procesos industriales.
- (l) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono por el tratamiento de efluentes líquidos industriales y de lodos.
- (m) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono de los combustibles, refrigerantes, Hexafluoruro de Azufre, procesos industriales y tratamiento de efluentes industriales.
- (n) Corresponde a la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica adquirida.
- (o) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono del Alcance 1 y del Alcance 2.
- (p) Resulta de multiplicar el consumo o la producción por el factor de emisión o Potencial de Calentamiento Global, verificando las unidades correspondientes.

Para el cálculo de la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica, ya se tiene por defecto el factor de emisión correspondiente, por lo tanto solo se requiere conocer la cantidad de energía consumida en el año base, en kWh para realizar el cálculo directo.

Cuadro 15. Hoja de Trabajo para el Cálculo de la Huella de Carbono del Sector Industrial

FUENTE DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN	CONSUMO / PRODUCCIÓN		FACTOR DE EMISIÓN ^(g) PCG		HUELLA DE CARBONO ^(p) (Ton CO ₂ e)
		CANT.	UN.	CANT.	UN.	
ALCANCE 1						
Consumo de Combustible ^(a)						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Combustible ^(h)					
Consumo de Refrigerante ^(b)						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Refrigerante ⁽ⁱ⁾					
Consumo de aislante Térmico ^(c)	Consumo de SF ₆				kgCO2 e/kg SF ₆	
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Hexafluoruro de Azufre – SF ₆ ^(j)					
Procesos Industriales ^(d)						
	Subtotal Huella de Carbono por Procesos Industriales ^(k)					
Tratamiento de Efluentes y Lodos Industriales ^(e)	Cantidad DQO Efluentes Industriales					
	Cantidad DQO Lodos Industriales					
	Subtotal Huella de Carbono por Tratamiento de Efluentes Industriales ^(l)					
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 1 ^(m)						
ALCANCE 2						
Consumo de energía ^(f)	Consumo de energía eléctrica			0.136	kgCO2 e/kWh	
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 2 ⁽ⁿ⁾						
TOTAL EMISIONES DE GEI SECTOR INDUSTRIAL ^(o)						

6. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR AGROPECUARIO

En este sector se incluye los siguientes procesos:

- Cría de animales
- Producción de cultivos agrícolas

En el Cuadro 16 se presentan las fuentes de emisión asociadas con este sector.

Cuadro 16. Fuentes de Emisión de GEI del Sector Agropecuario

ALCANCE	FUENTE DE EMISIÓN
1	Consumo de combustibles fósiles
	Consumo de refrigerantes
	Fermentación entérica
	Uso de fertilizantes sintéticos
	Quema de Residuos Agrícolas
	Manejo de Estiércol
2	Consumo de energía eléctrica

En este sector no se incluye la quema de sabanas, la cual está considerada en el Sector de Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura como quema de biomasa.

En el Cuadro 17 se presenta la hoja de trabajo para el cálculo de la huella de carbono en el sector agropecuario. En esta hoja de trabajo se tiene las siguientes notas:

- (a) En estas filas se incluye el consumo de combustible por tipo de combustible y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 3, para el año base de análisis.
- (b) En estas filas se incluye el consumo de refrigerantes por tipo de refrigerantes y se selecciona el Potencial de Calentamiento Global (PCG), según el Anexo 1, para el año base de análisis.
- (c) En estas filas se incluye el número de animales por clase de animal al año y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 6, para el año base de análisis.
- (d) En estas filas se incluye el número de animales por clase de animal al año y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 6, para el año base de análisis.
- (e) En estas filas se incluye la cantidad de fertilizante sintético usado al año en kg de N por tipo de fertilizante y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 6, para el año base de análisis.

- (f) En estas filas se incluye la cantidad de residuos agrícolas quemados (biomasa) al año, con su respectivo factor de emisión, de acuerdo a lo establecido en el Cuadro 6, para el año base de análisis.
- (g) Corresponde al consumo de energía en las instalaciones asociadas con los procesos agropecuarios, en el año base. El Cuadro 17 por defecto establece el factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono por esta fuente de emisión.
- (h) Corresponde al factor de emisión o Potencial de Calentamiento Global (PCG) de la fuente de emisión, según los Cuadros 3 y 6 y el Anexo 1.
- (i) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los combustibles consumidos.
- (j) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los refrigerantes consumidos.
- (k) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono por fermentación entérica.
- (l) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono por manejo de estiércol.
- (m) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono por uso de fertilizantes sintéticos.
- (n) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono por quema de residuos agrícolas.
- (o) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono de los combustibles, refrigerantes, fermentación entérica, manejo de estiércol, uso de fertilizantes sintéticos y quema de residuos agrícolas.
- (p) Corresponde a la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica adquirida.
- (q) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono del Alcance 1 y del Alcance 2.
- (r) Resulta de multiplicar el consumo o la cantidad por el factor de emisión o Potencial de Calentamiento Global, verificando las unidades correspondientes.

Para el cálculo de la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica, ya se tiene por defecto el factor de emisión correspondiente, por lo tanto solo se requiere conocer la cantidad de energía consumida en el año base, en kWh para realizar el cálculo directo.

Cuadro 17. Hoja de Trabajo para el Cálculo de la Huella de Carbono del Sector Agropecuario

FUENTE DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN	CONSUMO / CANTIDAD		FACTOR DE EMISIÓN ^(h) PCG		HUELLA DE CARBONO ^(r) (Ton CO ₂ e)
		CANT.	UN.	CANT.	UN.	
ALCANCE 1						
Consumo de Combustible ^(a)						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Combustible ⁽ⁱ⁾					
Consumo de Refrigerante ^(b)						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Refrigerante ^(j)					
Fermentación Entérica ^(c)						
	Subtotal Huella de Carbono por Fermentación Entérica ^(k)					
Manejo de Estiércol ^(d)						
	Subtotal Huella de Carbono por Manejo de Estiércol ^(l)					
Uso de Fertilizantes Sintéticos ^(e)						
	Subtotal Huella de Carbono por Uso de Fertilizantes Sintéticos ^(m)					
Quema de Residuos Agrícolas ^(f)						
	Subtotal Huella de Carbono Quema de Residuos Agrícolas ⁽ⁿ⁾					
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 1 ^(o)						
ALCANCE 2						
Consumo de energía ^(g)	Consumo de energía eléctrica			0.136	kgCO2 e/kWh	
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 2 ^(p)						
TOTAL EMISIONES DE GEI SECTOR AGROPECUARIO ^(q)						

7. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR RESIDUOS

En este sector se incluye los siguientes procesos:

- Recolección de residuos sólidos
- Disposición de residuos sólidos en vertedero
- Tratamiento de aguas residuales domésticas

En el Cuadro 18 se presentan las fuentes de emisión asociadas con este sector.

Cuadro 18. Fuentes de Emisión de GEI del Sector Residuos

ALCANCE	FUENTE DE EMISIÓN
1	Consumo de combustibles fósiles
	Consumo de refrigerantes
	Residuos sólidos dispuestos en vertedero
	Tratamiento de aguas residuales
2	Consumo de energía eléctrica

En el Cuadro 19 se presenta la hoja de trabajo para el cálculo de la huella de carbono en el sector residuos. En esta hoja de trabajo se tiene las siguientes notas:

- (a) En estas filas se incluye el consumo de combustible por tipo de combustible y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 3, para el año base de análisis.
- (b) En estas filas se incluye el consumo de refrigerantes por tipo de refrigerantes y se selecciona el Potencial de Calentamiento Global (PCG), según el Anexo 1, para el año base de análisis.
- (c) En estas filas se incluye la cantidad de residuos sólidos dispuestos en vertedero al año, por tipo de vertedero y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 7, para el año base de análisis.
- (d) En estas filas se incluye la cantidad de personas que vierten al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 7, para el año base de análisis.
- (e) Corresponde al consumo de energía en las instalaciones asociadas con los procesos agropecuarios. El Cuadro 19 por defecto establece el factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono por esta fuente de emisión.
- (f) Corresponde al factor de emisión o Potencial de Calentamiento Global (PCG) de la fuente de emisión, según los Cuadros 3 y 7 y el Anexo 1.
- (g) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los combustibles consumidos.
- (h) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los refrigerantes consumidos.

- (i) Corresponde a la huella de carbono por disposición de residuos sólidos urbanos en vertedero.
- (j) Corresponde a la huella de carbono por el tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- (k) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono de los combustibles, refrigerantes, disposición de residuos sólidos urbanos en vertedero y tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- (l) Corresponde a la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica adquirida.
- (m) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono del Alcance 1 y del Alcance 2.
- (n) Resulta de multiplicar el consumo o la cantidad por el factor de emisión o Potencial de Calentamiento Global, verificando las unidades correspondientes.

Para el cálculo de la huella de carbono por el consumo de energía eléctrica, ya se tiene por defecto el factor de emisión correspondiente, por lo tanto solo se requiere conocer la cantidad de energía consumida en el año base, en kWh para realizar el cálculo directo.

Cuadro 19. Hoja de Trabajo para el Cálculo de la Huella de Carbono del Sector Residuos

FUENTE DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN	CONSUMO		FACTOR DE EMISIÓN ^(f) PCG		HUELLA DE CARBONO ⁽ⁿ⁾ (Ton CO ₂ e)
		CANT.	UN.	CANT.	UN.	
ALCANCE 1						
Consumo de Combustible ^(a)						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Combustible ^(g)					
Consumo de Refrigerante ^(b)						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Refrigerante ^(h)					
FUENTE DE EMISIÓN	TIPO DE VERTEDERO	CANTIDAD		FACTOR DE EMISIÓN ^(f)		HUELLA DE CARBONO ⁽ⁿ⁾ (Ton CO ₂ e)
		CANT. (kg Residuos)		CANT.	UN.	
Disposición de Residuos sólidos en vertedero ^(c)						
	Subtotal Huella de Carbono por Disposición de Residuos Sólidos en vertedero ⁽ⁱ⁾					
Tratamiento de Aguas Residuales ^(d)	Personas que vierten al sistema de Tratamiento de Aguas Residuales		Personas	61.32	kgCO ₂ e /persona	
	Subtotal Huella de Carbono por Tratamiento de Aguas Residuales ^(j)					
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 1 ^(k)						
ALCANCE 2						
Consumo de energía ^(e)	Consumo de energía eléctrica			0.136	kgCO2 e/kWh	
SUBTOTAL HUELLA DE CARBONO ALCANCE 2 ^(l)						
TOTAL EMISIONES DE GEI SECTOR RESIDUOS ^(m)						

8. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SECTOR USO DE SUELO, CAMBIO USO DE SUELO Y SILVICULTURA

En este sector se incluye los siguientes procesos:

- Transporte de madera
- Actividades de aprovechamiento forestal
- Uso de leña como combustible
- Quema de biomasa

En el Cuadro 20 se presentan las fuentes de emisión asociadas con este sector.

Cuadro 20. Fuentes de Emisión de GEI del Sector Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

ALCANCE	FUENTE DE EMISIÓN
1	Consumo de combustibles fósiles
	Quema de biomasa

En el Cuadro 21 se presenta la hoja de trabajo para el cálculo de la huella de carbono en el sector uso de suelo, cambio uso de suelo y silvicultura. En esta hoja de trabajo se tiene las siguientes notas:

- ^(a) En estas filas se incluye el consumo de combustible por tipo de combustible y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 3, para el año base de análisis. Se debe considerar la madera que se utiliza como leña, según el Cuadro 8.
- ^(b) En estas filas se incluye la cantidad de hectáreas de bosque quemado, de acuerdo al tipo de bosque y se selecciona el factor de emisión, según el Cuadro 8, para el año base de análisis.
- ^(c) Corresponde al factor de emisión o Potencial de Calentamiento Global (PCG) de la fuente de emisión, según los Cuadros 3 y 8.
- ^(d) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de todos los combustibles consumidos.
- ^(e) Resulta de la sumatoria de las huellas de carbono de la quema de biomasa.
- ^(f) Resulta de sumar los subtotales de huellas de carbono de los combustibles y quema de biomasa.
- ^(g) Resulta de multiplicar el consumo o la cantidad por el factor de emisión, verificando las unidades correspondientes.

Cuadro 21. Hoja de Trabajo para el Cálculo de la Huella de Carbono del Sector Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

ALCANCE 1						
FUENTE DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN	CONSUMO		FACTOR DE EMISIÓN ^(c)		HUELLA DE CARBONO ^(g) (Ton CO ₂ e)
		CANT.	UN.	CANT.	UN.	
Consumo de Combustible ^(a)						
	Subtotal Huella de Carbono por el Consumo de Combustible ^(d)					
FUENTE DE EMISIÓN	TIPO DE BOSQUE	CANTIDAD		FACTOR DE EMISIÓN ^(c)		HUELLA DE CARBONO ^(g) (Ton CO ₂ e)
		CANT. (Ha)		CANT.	UN.	
Quema de Biomasa ^(b)						
	Subtotal Huella de Carbono por la Quema de Biomasa ^(e)					
TOTAL EMISIONES DE GEI SECTOR USCUS ^(f)						

Se asumen que en este sector no se presenta el consumo de energía eléctrica, ya que no se tiene infraestructura asociada.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Protocolo de Kyoto. Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). www.ipcc.ch.
- Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996. Libro de Trabajo. Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). www.ipcc.ch.
- Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Protocolo de Gases Efecto invernadero. WBCSD – WRI – SEMARNAT. 2005.
- Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Bogotá D.C. – Cundinamarca Año 2008. Plan Regional Integrado de Cambio Climático (PRICC) para la Región Capital Bogotá – Cundinamarca.
- Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. IDEAM. 2010.
- Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos. Unidad de Planeación Minero Energética. www.siame.gov.co.
- Diferencia de Medias de las Temperaturas de la Tierra. www.nasa.gov.
- Tendencias Observadas en la Concentración de GEI en la Atmósfera. European Environment Agency. www.eea.europa.eu.
- CO₂ Emissions from Fuel Combustion. Agencia Internacional de Energía – IEA. 2011. www.iea.org.
- Enfoques Metodológicos para el Cálculo de la Huella de Carbono. Observatorio de la Sostenibilidad en España. 2010.

ANEXO 1

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL HFC'S, PFC'S Y OTRAS SUSTANCIAS

SUSTANCIA	FÓRMULA	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (para obtener CO ₂ e multiplicar por)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
CFC-11	CCl ₃ F	3,800	4,750
CFC-12	CCl ₂ F ₂	8,100	10,900
CFC-13	CClF ₃		14,400
CFC-113	CCl ₂ FCClF ₂	4,800	6,130
CFC-114	CClF ₂ CClF ₂		10,000
CFC-115	CClF ₂ CF ₃		7,370
Halon-1301	CBrF ₃	5,400	7,140
Halon-1211	CBrClF ₂		1,890
Halon-2402	CBrF ₂ CBrF ₂		1,640
Tetracloruro de Carbono	CCl ₄	1,400	1,400
Bromuro de Metilo	CH ₃ Br		5
Metilcloroformo	CH ₃ CCl ₃	100	146
HCFC-21	CHCl ₂ F		151
HCFC-22	CHClF ₂	1,500	1,810
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	90	77
HCFC-124	CHClF ₂ CF ₃	470	609
HCFC-141b	CH ₃ CCl ₂ F	600	725
HCFC-142b	CH ₃ CClF ₂	1,800	2,310
HCFC-225ca	CHCl ₂ CF ₂ CF ₃		122
HCFC-225cb	CHClF ₂ CF ₂ CF ₃		595
HFC-23	CHF ₃	11,700	14,800
HFC-32	CH ₂ F ₂	650	675
HFC-41	CH ₃ F ₂	150	92
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	2,800	3,500
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1,000	1,100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1,300	1,430
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	300	353
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	3,800	4,470
HFC-152	CH ₂ FCH ₂ F		53
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	140	124
HFC-161	CH ₃ CH ₂ F		12

SUSTANCIA	FÓRMULA	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (para obtener CO ₂ e multiplicar por)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	2,900	3,220
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃		1,340
HFC-236ea	CHF ₂ CHFCF ₃		1,370
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	6,300	9,810
HFC-245ca	CH ₂ FCF ₂ CHF ₂	560	693
HFC-254fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃		1,030
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃		794
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	1,300	1,640
Trifluoruro de Nitrógeno	NF ₃		17,200
PFC-14	CF ₄	6,500	7,390
PFC-116	C ₂ F ₆	9,200	12,200
PFC-218	C ₃ F ₈	7,000	8,830
PFC-318	C-C ₄ F ₈	8,700	10,300
PFC-3-1-10	C ₄ F ₁₀	7,000	8,860
PFC-4-1-12	C ₅ F ₁₂	7,500	9,160
PFC-5-1-14	C ₆ F ₁₄	7,400	9,300
PCF-9-1-18	C ₁₀ F ₁₈		> 7,500
Trifluorometil Pentafluoruro de Azufre	SF ₅ CF ₃		17,700
Perfluorocyclopropane	c-C ₃ F ₆		> 17,340
HFE-125	CHF ₂ OCF ₃		14,900
HFE-134	CHF ₂ OCHF ₂		6,320
HFE-143a	CH ₃ OCF ₃		756
HCFE-235da2	CHF ₂ OCHClCF ₃		350
HFE-245cb2	CH ₃ OCF ₂ CF ₃		708
HFE-245fa2	CHF ₂ OCH ₂ CF ₃		659
HFE-254cb2	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂		359
HFE-347mcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CF ₃		575
HFE-347pcf2	CHF ₂ CF ₂ OCH ₂ CF ₃		580
HFE-356pcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CHF ₂		110
HFE-449sl (HFE-7100)	C ₄ F ₉ OCH ₃		297
HFE-569sf2 (HFE-7200)	C ₄ F ₉ OC ₂ H ₅		59
HFE-43-10pccc124 (HG 1040x)	CHF ₂ OCF ₂ OC ₂ F ₄ OCHF ₂		1,870
HFE-236ca12 (HG-10)	CHF ₂ OCF ₂ OCHF ₂		2,800
HFE-338pcc13 (HG-01)	CHF ₂ OCF ₂ CF ₂ OCHF ₂		1,500
HFE-227ea	CF ₃ CHFOCF ₃		1,540
HFE-236ea2	CHF ₂ OCHFCF ₃		989
HFE-236fa	CF ₃ CH ₂ OCF ₃		487
HFE-245fa1	CHF ₂ CH ₂ OCF ₃		286
HFE 263fb2	CF ₃ CH ₂ OCH ₃		11
HFE-329mcc2	CHF ₂ CF ₂ OCF ₂ CF ₃		919
HFE-338mcf2	CF ₃ CH ₂ OCF ₂ CF ₃		552

SUSTANCIA	FÓRMULA	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (para obtener CO ₂ e multiplicar por)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
HFE-347mcf2	CHF ₂ CH ₂ OCF ₂ CF ₃		374
HFE-356mec3	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂ CF ₃		101
HFE-356pcf2	CHF ₂ CH ₂ OCF ₂ CHF ₂		265
HFE-356pcf3	CHF ₂ OCH ₂ CF ₂ CHF ₂		502
HFE 365mcf3	CF ₃ CF ₂ CH ₂ OCH ₃		11
HFE-374pc2	CHF ₂ CF ₂ OCH ₂ CH ₃		557
PFPME	CF ₃ OCF(CF ₃)CF ₂ OCF ₂ OCF ₃		10,300
Dimetiléter	CH ₃ OCH ₃		1
Cloroformo	CHCl ₃	4	31
Cloruro de Metileno	CH ₂ Cl ₂	9	8.7
Cloruro de Metilo	CH ₃ Cl		13
Halon-1201	CHBrF ₂		404
Trifluoroyodometano	CF ₃ I	< 1	0.4