

ANEXO

Fórmulas y procedimientos de cálculo del Inventario de GEI de Magdalena, Provincia de Buenos Aires, Argentina

Energía Estacionaria

Cuadro 1: Consumo de energía eléctrica por sectores

Residencial	Comercial	Industrial	Administración pública	Oficial	Total
19.561	24.965	12.108	3.443	9.705	69.782

Facturado a usuario final. Valores en MW.h

Consultando diferentes fuentes, se constató el factor de emisión 0,44 tCO₂/MW-h. Entonces las emisiones por energía estacionaria son:

Residencial: 19.561 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h= 8783 tnCo₂

Comercial: 24.965 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h= 10985 tnCo₂

Industrial: 12.108 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h= 5328 tnCo₂

Administración Pública: 3443 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h= 1515 tnCo₂

Oficial: 9705 MW-h * 0,44 tCO₂/MW-h= 4271 tnCo₂

Incertidumbre: para aproximarse a los datos de la realidad se tomó un valor de 50%. Quedando entonces:

Emisiones: 30882 tnCO₂ * 50%= 46323 tnCO₂

Gas natural

Residencial	Comercial	Industrial	Total
20804,8865	2637,817308	23248,25769	46691,6

Datos en miles de m³ de 9.300 kcal.

Residencial: 20804,8865 m³ * 9300 kcal= 193485444,45 kcal= 81 TJ

Comercial: 2637,817308 m³ * 9.300 kcal= 24531700,9644 kcal= 0,11 TJ

Industrial: 23248,25769 m³ * 9.300 kcal= 216208796,517 kcal= 0,91 TJ

Factores de emisión

Residencial: 56,1 tn CO₂/TJ, 0,005 tn CH₄/TJ (se utiliza el factor de conversión 28 para llevarlo a CO₂); 0,0001 tn N₂O/TJ (factor de conversión 265).

Comercial: 56,1 tn CO₂/TJ, 0,005 tn CH₄/TJ; 0,0001 tn N₂O/TJ. Se emplean los factores de conversión anteriores.

Industrial: 56,1 tn CO₂/TJ, 0,001 tn CH₄/TJ; 0,0001 tn N₂O/TJ. Se emplean los factores de conversión anteriores.

Cálculo de emisión

Residencial: 56,1 tn CO₂/TJ * 81TJ= 4544,1 tn CO₂

0,005 tn CH₄/TJ * 81TJ= 0,405 tn CH₄ * 28= 11,34 tn CO₂

0,0001 tn N₂O/TJ * 81 TJ= 0,0081 tn N₂O * 265= 2,1465 tn CO₂

Residencial: 4558 tn CO₂

Comercial: $56,1 \text{ tn CO}_2/\text{TJ} * 0,11\text{TJ} = 6,171 \text{ tn CO}_2$
 $0,005 \text{ tn CH}_4/\text{TJ} * 0,11\text{TJ} = 0,00055 \text{ tn CH}_4 * 28 = 0,0154 \text{ tn CO}_2$
 $0,0001 \text{ tn N}_2\text{O}/\text{TJ} * 0,11 \text{ TJ} = 0,000011 \text{ tn N}_2\text{O} * 265 = 0,002915 \text{ tn CO}_2$
 Comercial: 6,20 tn CO₂

Industrial: $56,1 \text{ tn CO}_2/\text{TJ} * 0,91\text{TJ} = 51,051 \text{ tn CO}_2$
 $0,001 \text{ tn CH}_4/\text{TJ} * 0,91 \text{ TJ} = 0,00091 \text{ tn CH}_4 * 28 = 0,02548 \text{ tn CO}_2$
 $0,0001 \text{ tn N}_2\text{O}/\text{TJ} * 0,91 \text{ TJ} = 0,000091 \text{ tn N}_2\text{O} * 265 = 0,024115 \text{ tn CO}_2$
 Industrial: 51,100595 tn CO₂

Incertidumbre: para tener un valor aproximado, se tomó el valor de 50%. Quedando entonces:

Emisiones: $4615,300595 \text{ tnCO}_2 * 50\% = 6923 \text{ tnCO}_2$

Emisiones por pérdidas en la distribución y la transmisión: tomando datos de la Cámara Argentina de la Construcción, se estima que las pérdidas son del 6% y 4%, para distribución y transmisión, respectivamente.

Distribución: $53246 \text{ tn CO}_2 * 1,06 = 56441 \text{ tn CO}_2$
 Transmisión: $56441 \text{ tn CO}_2 * 1,04 = 58698,34 \text{ tn CO}_2$

Transporte

Total Gas Oil Grado 2	Total Gas Oil Grado 3	Total GNC	Total Nafta (premium) de más 95 Ron	Total Nafta (súper) entre 92 y 95 Ron
1216,25	953,91	1249,765	944,1	2870,47

Volúmenes en m³ expendidos durante el año de estudio.

No se hallaron datos de que sectores demandaron los combustibles expendidos anteriormente.

Gas Oil Grado 2: conocido como gas oil común, posee 1500 ppm de Azufre

Gas Oil Grado 3: posee menos de 10 ppm de Azufre.

Nafta 95 Ron: nafta de 95 octanos (Research octane number)

Del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, se obtuvieron los factores de emisión:

Gas Oil: 3,771 tnCO₂/tn Densidad 832 kg/m³

GNC: 1,936 tnCO₂/tn Densidad 0,808 kg/m³

Nafta: 3,112 tnCO₂/tn Densidad 740 kg/m³

A partir de ello, se calcularon las emisiones provenientes del transporte:

Gas Oil: $1216,25 \text{ m}^3 + 953,91 \text{ m}^3 = 2170,16 \text{ m}^3 * 832 \text{ kg}/\text{m}^3 = 1.805.573,12 \text{ kg} = 1805,6 \text{ tnCO}_2 * 3,771 \text{ tnCO}_2/\text{tn} = 6810,43 \text{ tnCO}_2$

GNC: $1249,765 \text{ m}^3 * 0,808 \text{ kg}/\text{m}^3 = 1010 \text{ kg} = 1,010 * 1,936 \text{ tnCO}_2/\text{tn} = 1955,4 \text{ tnCO}_2$

Nafta: $944,1 \text{ m}^3 + 2870,47 \text{ m}^3 = 3815 \text{ m}^3 * 740 \text{ kg/m}^3 = 2.823.100 \text{ kg} = 2823,1 \text{ tn} * 3,112 \text{ tnCO}_2/\text{tn} = 8785,5 \text{ tnCO}_2$

Incorporando los viajes externos y pasantes:

Σ Transporte: $17551,33 \text{ tnCO}_2 * 75\% = 30715 \text{ tnCO}_2$

Incertidumbre: para aproximarse a los valores de la realidad, se tomó el valor de 5%.
Quedando entonces:

Emisiones Transporte: $30715 \text{ tnCO}_2 * 5\% = 32250,57 \text{ tnCO}_2$

Residuos

Determinación de la composición de los residuos sólidos y el carbono orgánico degradable (DOC): El DOC representa una proporción o porcentaje que se pueden calcular a partir de una media ponderada del contenido de carbono de diversos componentes del flujo de desechos. Se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{DOC} = (0,15 * A) + (0,2 * B) + (0,4 * C) + (0,43 * D) + (0,24 * E) + (0,15 * F)$$

A: fracción de los residuos sólidos que son alimentos.

B: fracción de los residuos sólidos provenientes de jardinería y otros residuos vegetales.

C: fracción de los residuos sólidos que es papel.

D: fracción de los residuos sólidos que es madera.

E: fracción de los residuos sólidos que es tela.

F: fracción de los residuos sólidos que es residuo industrial.

Se estimó que el 50% de los residuos generados son orgánicos. Por ende, se ingresaron los datos de la siguiente manera:

$$\text{DOC} = (0,15 * A) + (0,2 * B) + (0,4 * C) + (0,43 * D) + (0,24 * E) + (0,15 * F)$$

$$\text{DOC} = (0,15*0,40) + (0,2*0,15) + (0,4*0,20) + (0,43*0,10) + (0,24*0,05) + (0,15*0,10)$$

$$\text{DOC} = 0,06+0,03+0,08+0,043+0,012+0,015 = 0,24$$

Tabla 6: Total de residuos enviados a relleno sanitario

2017	Abril	325,74
2017	Mayo	305,42
2017	Junio	243,96
2017	Julio	262,82
2017	Agosto	292
2017	Septiembre	307,62
2017	Octubre	358,74
2017	Noviembre	426,84
2017	Diciembre	314,72
2018	Enero	323,5
2018	Febrero	308,68
2018	Marzo	301,82
2018	Abril	255,62

Valores en toneladas mensuales

Se detalla a continuación la ecuación de cálculo:

Emisiones de CH₄ =

$$\left\{ \sum_x [RSUX \times L_0(x) \times ((1 - e^{-k}) \times e^{-k(t-x)}) - R(t)] \right\} \times (1 - OX)$$

Emisiones de CH₄ = Total de emisiones de CH₄ en toneladas

x = Año de apertura de vertedero o un año más antiguo de los datos históricos disponibles

t = Año de inventario

RSUX = Total de residuos sólidos urbanos dispuesto en los SWDS en el año x toneladas

R = Metano recogido y eliminado (tonelada) en el año de inventario

L₀ = Potencial de generación de metano

k = Tasa constante de generación de metano, que está relacionada con el tiempo necesario para que el DOC de los residuos para la descomposición a la mitad de su masa inicial (la "vida media")

OX = factor de oxidación 0,1 para los vertederos correctamente regulados; 0 para los vertederos no regulados

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \{ [4027,48 \text{ tn} \times 0,096 \text{ tnC/tn de residuos} \times ((1 - e^{-0,05}) \times e^{-0,05(2018-1982)})] - 2 \times (2018) \} \times (1 - 0,1)$$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \{ 1982 \times [4027,48 \text{ tn} \times 0,096 \text{ tnC/tn de residuos} \times ((0,05) \times 0,16)] - 4036 \} \times 0,9$$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 1885,1 \text{ tnCH}_4 \times 28 = 52782,2 \text{ tnCO}_2$$

Ante la falta de algunos datos, se recurrió a otras ecuaciones presentes en el protocolo del IPCC

$$L_0 = MCF \times DOC \times DOCF \times F \times 16/12$$

L₀ = Potencial de generación de metano

MCF = Factor de corrección de metano en función del tipo de vertedero para el año de deposición (regulado, no regulado, etc.)

Regulado = 1,0

No regulado (≥5 m de profundidad) = 0,8

No regulado (<5 m de profundidad) = 0,4

Sin categoría = 0,6

DOC = Carbono orgánico degradable en el año de la deposición, la fracción (toneladas C/toneladas de residuos)

DOCF = Fracción del COD que se degrada finalmente (refleja el hecho de que parte del carbono orgánico no se degrada) Asumido igual a 0,6

F = Fracción de metano en el gas del vertedero. Rango predeterminado 0,4-0,6 (normalmente tomado como 0,5)

16/12 = Relación estequiométrica entre el metano y el carbono

$$L_0 = 1 \times 0,24 \text{ tnC/tn de residuos} \times 0,6 \times 0,5 \times 16/12$$

$$L_0 = 0,096 \text{ tnC/tn de residuos}$$

Emisiones provenientes del tratamiento de aguas residuales: se obtuvieron datos por la empresa ABSA S.A. y se obtuvo un dato estimativo de 3.800.000 litros diarios (3.800 m³) tratados, siendo 1.387.000.000 litros anuales (1.387.000 m³). El proceso de tratamiento es mediante una digestión anaerobia de los líquidos cloacales.

$$\Sigma_i [(TOW_i - S_i) EFi - Ri] \times 10^{-3}$$

$$[(347409,3 \text{ kg BOD/año} - 25000 \text{ kg BOD/año}) * 0,0018 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD} - 0] \times 0,001$$

$$= 16,25 \text{ tnCO}_2$$

Emisiones de CH₄ = Emisiones totales de CH₄ en toneladas métricas Computado

TOW_i = Contenido de materia orgánica en las aguas residuales. Para las aguas residuales domésticas: compuestos orgánicos totales en las aguas residuales en el año de inventario, kg BOD/año

Para las aguas residuales industriales: material total orgánicamente degradable en las aguas residuales de la industria i en el año de inventario, kg COD/año

EF_i = Factor de emisión de kg CH₄ por kg BOD o kg CH₄ por kg COD

S_i = Componente orgánico eliminado en forma de lodo en el año de inventario, kg COD/año o kg BOD/año

R_i = Cantidad de CH₄ recuperado en el año de inventario, kg CH₄/año

i = Tipo de aguas residuales

Para aguas residuales domésticas: grupo de ingresos para cada tratamiento de aguas residuales y sistema de tratamiento

Para aguas residuales industriales: material total orgánicamente degradable en las aguas residuales de la industria i en el año de inventario, kg COD/año

$$TOW_i = P \times BOD \times I \times 365$$

$$TOW_i = 16.921 \text{ personas} \times 45 \text{ gr/persona/día} \times 1,25 \times 365 \text{ días/año}$$

$$TOW_i = 347409,3 \text{ kg BOD/año}$$

$$EF_j = B_o \times MCF_j \times U_i \times T_i \cdot j$$

TOW_i = Para las aguas residuales domésticas: compuestos orgánicos totales en las aguas residuales en el año de inventario, kg BOD/año

P = Población de la ciudad en el año de inventario (persona)

BOD = BOD per cápita específica de la ciudad en el año de inventario, g/persona/día

I = Factor de corrección para la BOD industrial adicional vertidas en el desagüe. En ausencia de la opinión de expertos, una ciudad puede aplicar el valor predeterminado de 1,25 para la recogida de aguas residuales, y 1,00 para las no reguladas.

$$EF_j = B_o \times MCF_j \times U_i \times T_i \cdot j$$

$$EF_j = 0,6 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD} \times 0,8 \times 0,15 \times 0,25$$

$$EF_j = 0,0018 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$$

EF_i = Factor de emisión para cada sistema de tratamiento y manejo.

B_o = Capacidad máxima de producción de CH₄. Valor predeterminado:

• 0,6 kg CH₄/kg BOD

• 0,25 kg CH₄/kg COD

MCF_j = Factor (fracción) de corrección de metano.

U_i = Fracción de la población en el grupo de ingreso i en el año de inventario

T_{i, j} = Grado de utilización (relación) del sistema o vía de tratamiento/descarga, j, para cada fracción de grupo de ingreso i en el año de inventario

IPPU

Fabricación de Cemento: la empresa en el distrito que se dedica a eso es Shap S.A.. La misma brindó las toneladas de cemento elaboradas en el año de estudio (38.106 tn)

Emisiones de CO₂ = Mcl × EFcl

Emisiones de CO₂ = 38016 tn * 0,52 tnCO₂/tn= 19768,2 tnCO₂

Emisiones de CO₂= Emisiones de CO₂ en toneladas

Mcl = Peso (masa) de clinker producido en toneladas métricas

EFcl =CO₂ por unidad de masa de clinker producido (por ejemplo, CO₂/tonelada de clinker)

Incertidumbre: se estimó un 65% de CaO en clinker, por lo que el valor de incertidumbre del 5%. Quedando entonces:

Emisiones de CO₂: 19786,2 tnCO₂ * 5%= 20775,51 tnCO₂

Fabricación y uso de asfalto: la única empresa que se dedica a la fabricación de asfalto es Membranex S.A, con los datos aportados se calculó la emisión de GEI.

Emisión=5436 tn * 1,25 tnCO₂= 6795 tnCO₂

Incertidumbre: el IPCC considera un valor del 15% para los países en vías de desarrollo. Quedando entonces: Emisión de tnCO₂= 6795 tnCO₂ * 15%= 7814,25 tnCO₂

Uso de Productos

Uso de aerosoles: el uso de HFC (hidrofluorocarbonados) produce gases que agotan la capa de ozono. Se estimó la cantidad de aerosoles utilizados en el área de estudio y se calculó la emisión de los mismos:

Emisiones= St • EF + St-(1 - EF)

Emisiones = emisiones en un año, en toneladas.

St = cantidad de HFC y PFC contenidos en productos de aerosol vendidos en el año, en toneladas.

St-1 = cantidad de HFC y PFC contenido en productos de aerosol vendidos en el año. EF = factor de emisión

Emisiones= 10680 tn * 0,5+ 10680-(1-0,50)= 16019,5 tnCO₂

Incertidumbre: el IPCC recomienda un valor del 30%. Quedando entonces:

$$\text{Emisiones} = 16019,5 \text{ tnCO}_2 * 30\% = 20812,35 \text{ tnCO}_2$$

Emisiones de la carga refrigerante de los equipos nuevos: Las emisiones de los refrigerantes debidas al proceso de carga de equipos nuevos están relacionadas con el proceso de conexión y desconexión del contenedor refrigerado de los equipos de carga durante la carga inicial.

$$\text{Emisiones durante la carga de equipos nuevos} = \text{Mt} * \text{k}/100$$

Ecarga, t = emisiones producidas durante la fabricación/el ensamblado del sistema en el año, kg.

Mt = cantidad de HFC cargado en los equipos nuevos en el año, kg.

k = factor de emisión de las pérdidas de HFC cargado en los equipos nuevos durante el ensamblado (por sub-aplicación), porcentaje.

$$\text{Ecarga} = 9564 \text{ kg} * 3/100 = 0,29 \text{ tnCO}_2$$

Incertidumbre: se tomó un valor del 20%. Quedando entonces:

$$\text{Ecarga} = 0,29 \text{ tnCO}_2 * 20\% = 0,348 \text{ tnCO}_2$$

AFOLU

Emisiones provenientes de la ganadería: se contabilizó la cantidad de cabezas de ganado en el partido, discriminado por categoría:

Tabla 8: Cantidad de cabezas de ganado

Estratificación	Establecimientos	Vacas	Vaquillonas	Terneros	Terneras	Novillos	Novillas	Toros
1-50 cabezas	325	4567	1266	3271	3240	298	115	242
51-100 cabezas	161	5706	2323	4465	3867	704	190	247
101-200 cabezas	149	10093	4012	7002	7574	1169	241	412
201-500 cabezas	101	15335	6087	10365	10869	3152	652	604
501-1000 cabezas	20	6047	2701	3466	3868	1164	1538	469
Más de 1000 cabezas	6	3724	2055	4662	4152	714	1303	204

Subtotal		45472	18444	33231	33570	7201	4039	2178
----------	--	-------	-------	-------	-------	------	------	------

Total de cabezas*: 144135

Cantidad de Feed-lots	Total bovinos
8	11154

Cantidad de tambos	Total vacas	Total vaquillonas
35	3526	1876

* La FAO considera un 20% de incremento para disminuir la incertidumbre los datos

Con estos datos se calculó las emisiones de metano, a través de la siguiente fórmula de cálculo:

$$CH_4 = N_t * E_f * 10^{-3}$$

CH₄: emisiones de metano, en tn.

T: categoría de ganado/especies.

N: número de animales (cabezas)

E_f: factor de emisión para la fermentación entérica (kg de CH₄/cabeza/año)

$$CH_4 \text{ Vacas} = 45472 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kg CH}_4/\text{cabeza/año} * 10^{-3} = 3056 \text{ kgCH}_4 * 28 = 85,56 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Vaquillonas} = 18444 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kg CH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 1239,44 \text{ kgCH}_4 * 28 = 35 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Terneros} = 33231 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kgCH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 2233,12 \text{ kgCH}_4 * 28 = 62,53 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Terneras} = 33570 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kgCH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 2256 \text{ kgCH}_4 * 28 = 63,2 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Novillitos} = 7201 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kgCH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 484 \text{ kgCH}_4 * 28 = 13,55 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Novillos} = 4039 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kgCH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 271,42 \text{ kgCH}_4 * 28 = 7,60 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Toros} = 2178 \text{ cabezas} * 20\% * 56 \text{ kgCH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 146,4 \text{ kgCH}_4 * 28 = 4,1 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Vaca de tambo} = 3526 \text{ cabezas} * 20\% * 72 \text{ kgCH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 305 \text{ kgCH}_4 * 28 = 8,53 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Vaquillonas de tambo} = 1876 \text{ cabezas} * 20\% * 72 \text{ kgCH}_4/\text{cabezas/año} * 10^{-3} = 162,1 \text{ kgCH}_4 * 28 = 4,54 \text{ tnCO}_2$$

También se encontraron datos referentes a otras especies:

$$CH_4 \text{ Ovinos} = 4712 \text{ cabezas} * 20\% * 5 \text{ kgCH}_4/\text{cabeza/año} * 10^{-3} = 28,3 \text{ kgCH}_4 * 28 = 0,8 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Caprinos} = 212 \text{ cabezas} * 20\% * 5 \text{ kgCH}_4/\text{cabeza/año} * 10^{-3} = 1,3 \text{ kgCH}_4 * 28 = 0,036 \text{ tnCO}_2$$

$$CH_4 \text{ Porcinos} = 2112 \text{ cabezas} * 20\% * 1 \text{ kgCH}_4/\text{cabeza/año} * 10^{-3} = 2,53 \text{ kgCH}_4 * 28 = 0,07 \text{ tnCO}_2$$

CH4 Caballos= 356 cabezas *20% *18 kgCH4/cabeza/año *10-3= 8 kgCH4 *28= 0,21 tnCO2

ΣEmisiones del ganado= 286 tnCO2

Incertidumbre: en estos casos, se considera un valor del 30%. Quedando entonces:

Emisiones del ganado= 286 tnCO2 *30%= 372 tnCO2

Emisiones producidas por el uso de suelo y el cambio en el uso del suelo: se buscó información sobre la superficie de cultivos de cosecha fina, gruesa, verdes, pasturas y cultivos de cobertura. Es de destacar el elevado grado de adopción de la Siembra Directa (SD) en contraposición de la Labranza Convencional (LC), siendo alrededor del 90%. Aún así, en ciertas ocasiones sigue siendo utilizada la LC para control mecánico de malezas, rotura de impedancias en el suelo o refinamiento del mismo, entre otras. Por otra parte, se debe destacar la menor emisión de carbono producto de la adopción de la SD, la cual genera la acumulación de carbono en los primeros centímetros de la superficie del suelo. La no roturación del suelo promueve la menor emisión de CO2 por la mineralización de la materia orgánica.

Período de Ocupación	Total	Superficie implantada en Ha.						Hortalizas	Frutales	Viveros
		Cereales grano	Oleaginosas	Cultivos semilla	Forrajeras					
					anuales	perennes				
Total	22.031,0	3.812	1.625,5	235	3.739,5	12.232,5	38,7	4,6	1,2	
1	21.76,9	3.759	1.462	235	3.713,5	12.232,5	37,1	4,6	1,2	
2	244,1	53	163,5		26		1,6			

Por el cuadro precedente, se destaca que en 244,1 hectáreas ha habido cambios de uso de suelo: 242,5 hectáreas han pasado a ganadería, y el resto pasaron a asentamientos permanentes.

Por otra parte, de las 2337,9 hectáreas de monte/bosque, se estima que 20 hectáreas de monte (fuentes de conchilla y tierra negra) fueron decapitados (término referido a la extracción de los primeros centímetros de suelo para obtener tierra negra, entre otros materiales. El suelo, por más resiliencia que pueda tener, ya no vuelve a adquirir sus propiedades originales).

$$CO_2 = \sum LU [FluxLU \times AreaLU] \times 44/12$$

CO2 = Emisiones de GEI en toneladas de CO2

Área = Superficie de la ciudad por categoría de uso del suelo, hectárea

Flux =Tasa anual neta de cambio en las existencias de carbono por hectárea, toneladas de C por hectárea por año

LU = Categoría de uso del suelo

44/12 = Conversión de cambios en las existencias de C a emisiones de CO2

$$CO_2 \text{ monte a deforestación} = [2,1 \text{ tnC/ha} \times 20 \text{ ha}] \times 44/12 = 154 \text{ tnCO}_2$$

$$CO_2 \text{ agricultura a ganadería} = [7,4 \text{ tnC/ha} \times 242,5 \text{ ha}] \times 44/12 = 6580 \text{ tnCO}_2$$

$$CO_2 \text{ horticultura a asentamientos} = [4,7 \text{ tnC/ha} \times 1,6 \text{ ha}] \times 44/12 = 27,57 \text{ tnCO}_2$$

Incertidumbre: para el primer ítem analizado se tomó valor de 75%, 50% para el segundo, y 25% para el tercero.

CO2 monte a deforestación= 154 tnCO2 *75%= 269,5 tnCO2

CO2 agricultura a ganadería= 6580 tnCO2 *50%= 9870 tnCO2

CO2 horticultura a asentamientos= 27,57 tnCO2 *25%= 34,45 tnCO2

Σ CO2 cambio uso de suelo= 10174 tnCO2

Emisiones por quema de biomasa: con la información suministrada por los Bomberos Voluntarios de Magdalena (BVM), se contabilizó la cantidad de incendios en pastizales, el área afectada y se determinó la emisión de GEI

$GHG = A \times MB \times CF \times EF \times 10^{-3}$

GHG = Emisiones de GEI en toneladas de CO2 equivalente

A = Área de tierra quemada en hectáreas

MB = Masa de combustible disponible para la combustión, toneladas por hectárea. Esto incluye la biomasa, hojarasca de suelo y madera muerta.

CF = Factor de combustión (una medida de la proporción del combustible que en realidad está en combustión)

EF = Factor de emisión, g de GEI por kg de la materia seca quemada

GHG= 41,1249 ha * 4 tn/ha * 0,74 * 1613 grCO2/kgMS=196,5 tnCO2

GHG= 41,1249 ha * 4 tn/ha * 0,74 * 65 grCO/kgMS= 7,91 tnCO2

GHG= 41,1249 ha * 4 tn/ha * 0,74 * 2,3 grCH4/kgMS= 7,84 tnCO2

GHG= 41,1249 ha * 4 tn/ha * 0,74 * 0,21 grN2O/kgMS= 6,77 tnCO2

GHG= 41,1249 ha * 4 tn/ha * 0,74 * 3,2 grNO/kgMS= 103,23 tnCO2

Σ GHG= 322,25 tnCO2

Incertidumbre: se tomó un valor del 20%. Quedando entonces:

Σ GHG= 322,25 tnCO2 *20%= 387 tnCO2

Emisiones producidas por fertilizantes sintéticos: a través de la información suministrada por distribuidores locales se contabilizó las toneladas de fertilizantes sintéticos empleados en la región, los cuales se estiman en 2000 toneladas de fertilizantes, sin tener datos pormenorizados de fertilizantes nitrogenados, fosforados o azufrados, entre los más usados. Se tomó una media de 1000 tn para urea, y 1000 para los sintéticos.

$CO_2 = M \times EF \times 44/12$

CO2 = Emisiones de CO2 en toneladas

M = Cantidad de fertilización con urea, en toneladas de urea por año

EF = Factor de emisión, toneladas de C por toneladas de urea

44/12 = Conversión de cambios de existencias de C a emisiones de CO2

CO2= 1000 tn urea/año * 0,20 tnCO2/tn urea *44/12

CO2= 733,33 tnCO2

CO2 Fertilizantes sintéticos= 1000 tn FS/año * 0,01 tnCO2/tn FS *44/12

CO2 Fertilizantes sintéticos= 36,66 tnCO2

TOTAL DE EMISIONES: 228539,818 tnCO2

TOTAL POR HABITANTE: 1,42 tn/hab./año

Para ello se sustrajo el valor de los ítems AFOLU, IPPU, y el 70% de las emisiones de transporte (generadas fuera de los límites del inventario) y un 30% de error en el ítem Residuos.