

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:**

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR.**

**AUTORES:**

**FERNANDO JONATHAN DÁVILA COLLAGUAZO**

**DANIEL SANTIAGO VARELA ROSARIO**

**DIRECTOR:**

**RICHARD JACHSON VILCHES MORENO**

**Quito, marzo del 2014**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Fernando Jonathan Dávila Collaguazo y Daniel Santiago Varela Rosario autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, marzo del 2014

-----  
Fernando Jonathan Dávila Collaguazo  
CC: 1718625203

-----  
Daniel Santiago Varela Rosario  
CC: 1724544620

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios, quien me ha dado la satisfacción de gozar de una buena vida junto a mis seres queridos.

A mi familia especialmente a mi madre la Licenciada Martha Collaguazo que ha sabido ser el apoyo fundamental para que pueda cumplir con todas mis metas propuestas y dando gracias a ella realizo una meta más trazada a lo largo de mi vida.

A mis grandes amigos en especial a Danny Vargas, Enrique Romero, Byron Quispe, los cuales supieron estar apoyándome en esos buenos y malos momentos además de alentarme a seguir adelante a lo largo de mi preparación universitaria.

Y por último a mi compañero de tesis Santiago Varela que más que un amigo ha sido como un hermano, y sé que juntos gozaremos la satisfacción de cumplir un sueño más en nuestras vidas.

**Fernando Jonathan Dávila Collaguazo**

A Dios, sin Él nada habría sido posible.

A German y Norma mis padres, y a mis hermanos Nimrod y Gabriel, que con amor incondicional me han apoyado a lo largo de toda mi vida estudiantil y me han hecho ser, lo que hoy soy.

A mis colegas: Danny, Fernando, Kike, Chelo, Jhonnatan, Mois, César, Byron, Daniel y Lesly, espero este sea sólo uno de los buenos momentos que nos concederá Dios.

Y a mis amigos de siempre: Daniel y Darwin, muchas gracias panas.

**Daniel Santiago Varela Rosario**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana por habernos brindado la oportunidad de alcanzar un título profesional, de la misma manera a todos los maestros que nos supieron guiar a lo largo de la carrera, especialmente al ingeniero Richard Vilches director de este trabajo de grado.

**Fernando Dávila, Santiago Varela.**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>3</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Generalidades .....	5
1.2.1 Huella de carbono .....	5
1.2.2 Carbono neutro .....	7
1.2.3 Compensación de carbono .....	7
1.2.4 Huella ecológica vs. Huella de carbono .....	8
1.3 La huella de carbono en el Ecuador .....	14
1.3.1 Evidencias de cambio climático en Ecuador .....	17
1.3.2 Mercado de carbono en el Ecuador .....	20
1.3.3 Acreditaciones y carbono neutralidad en Ecuador .....	20
1.4 Huella de Carbono en otros países .....	21
1.5 Marco normativo para la determinación de la huella de carbono .....	23
1.5.1 Protocolo de gases de efecto invernadero .....	23
1.5.2 ISO 14064-1:2006 .....	25
1.5.3 Publicly Available Specification. 2050:2011 .....	25
1.5.4 Método compuesto de las cuentas contables .....	25
1.6 GEI generados por la descomposición de desechos .....	25
1.6.1 Carbono orgánico degradable .....	26
1.6.2 Factor de corrección para el metano .....	27
1.6.3 Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone .....	28
1.6.4 Tiempo de vida medio .....	28
1.6.5 Tasa constante de generación de metano (k) .....	28
1.6.6 Fracción de metano en el gas de vertedero generado (F) .....	29
1.6.7 Tiempo de retardo .....	29
1.6.8 Masa de carbono orgánico degradable disuelto .....	29

1.6.9 Masa de carbono orgánico degradable disuelto no reaccionado-----	30
1.6.10 Masa de carbono orgánico degradable disuelto descompuesto durante el año de deposición-----	30
1.6.11 DOCm acumulado al final del año y DOCm descompuesto-----	31
1.7 GEI generados por la descomposición de las aguas residuales -----	32
1.7.1 Tratamiento y vías de eliminación de las aguas residuales -----	32
1.7.2 Gas metano proveniente de las aguas residuales -----	33
1.7.3 Óxido nitroso proveniente de las aguas residuales -----	33
<b>CAPÍTULO 2 -----</b>	<b>34</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS -----</b>	<b>34</b>
2.1 Identificación de fuentes de emisiones de GEI-----	34
2.2 Fase I -----	37
2.3 Fase II -----	47
2.3.1 Determinación de Scope 1 -----	47
2.3.2 Determinación de Scope 2 -----	52
2.3.3 Determinación de Scope 3 -----	53
2.4 Fase III -----	66
<b>CAPÍTULO 3 -----</b>	<b>69</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----</b>	<b>69</b>
3.1 Exclusiones-----	70
3.2 Comparación con el software SimaPro 7.3 -----	71
<b>CONCLUSIONES -----</b>	<b>72</b>
<b>RECOMENDACIONES-----</b>	<b>74</b>
<b>LISTA DE REFERENCIAS -----</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS-----</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inventario Nacional de GEI Ecuador -----	17
Tabla 2. Valores de H-C de varios países -----	23
Tabla 3. Alcances de emisiones GEI-----	24
Tabla 4. Valores por defecto de DOC-----	27
Tabla 5. MCF y porcentaje de distribución de residuos -----	27
Tabla 6. Valores de k para cada tipo de residuo -----	29
Tabla 7. Clasificación de las emisiones de GEI de acuerdo a la fuente -----	35
Tabla 8. Potencial de calentamiento atmosférico de los GEI-----	35
Tabla 9. Consumo eléctrico de la UPS-Sur durante el año 2012 -----	37
Tabla 10. Consumo de combustible en la UPS-Sur durante el 2012-----	39
Tabla 11. Inventario de artículos adquiridos por la UPS-Sur en 2012 -----	40
Tabla 12. PPC de aguas residuales de la UPS-Sur -----	43
Tabla 13. Generación promedio diaria de residuos sólidos de la UPS-Sur -----	43
Tabla 14. PPC de residuos sólidos en la UPS-Sur. -----	44
Tabla 15. Composición típica general de los residuos sólidos comunes generados por todas las áreas de la UPS-Sur. -----	44
Tabla 16. Factores de emisión de combustibles en kg CO <sub>2</sub> /TJ-----	47
Tabla 17. Transformación de los F-E de kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> a t CO <sub>2</sub> /L -----	48
Tabla 18. Transformación de litros de combustible a t CO <sub>2</sub> -----	49
Tabla 19. Factores de emisión de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O -----	49
Tabla 20. PCI y densidad de combustibles usados en la UPS-Sur -----	50
Tabla 21. Transformación a CO <sub>2</sub> eq por combustible -----	52
Tabla 22. Scope 1 de la UPS-Sur 2012 -----	52
Tabla 23. Transformación de kWh a t CO <sub>2</sub> -----	53
Tabla 24. Valores por defecto planteados por el IPCC. -----	55
Tabla 25. Composición anual de los residuos sólidos comunes. -----	56
Tabla 26. Obtención de resultado de gas metano-----	57
Tabla 27. Valores por defecto para CH <sub>4</sub> proveniente de descargas líquidas-----	60
Tabla 28. Valores por defecto para N <sub>2</sub> O provenientes de las aguas residuales -----	63
Tabla 29. Toneladas de CO <sub>2</sub> eq de insumos (sillas) -----	64
Tabla 30. Volumen hormigón para edificaciones -----	65
Tabla 31. Acciones de reducción de H-C y sus beneficios -----	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organización de la UPS del Ecuador -----	3
Figura 2. Edificaciones de la UPS, sede Quito, campus Sur -----	4
Figura 3. Pasos generales para el cálculo de la H-C -----	5
Figura 4. H-E por persona-----	9
Figura 5. H-E por componente 1961-2008-----	10
Figura 6. H-E por componente 2009-2050-----	11
Figura 7. Biocapacidad pronosticada para el año 2050-----	12
Figura 8. Escenarios del SRES-----	13
Figura 9. Emisiones de CO2 desde 1990 a 2100 -----	13
Figura 10. Aporte Sectorial de emisiones de GEI en tCO2 eq-----	15
Figura 11. Emisiones de GEI por tipo -----	16
Figura 12. Porcentaje de variación de la temperatura entre 1960 y 2006 -----	18
Figura 13. Porcentaje de variación de la precipitación entre 1960 y 2006 -----	18
Figura 14. Variación de los glaciares en el Cotopaxi -----	19
Figura 15. Evolución de precios de los CERS -----	20
Figura 16. Principales actividades de un habitante de un país desarrollado que generan GEI -----	21
Figura 17. Evolución del comportamiento de las emisiones de CO <sub>2</sub> eq entre 1990 y 2006.-----	22
Figura 18. Esquematización de los 3 alcances o scopes de la huella de carbono.----	24
Figura 19. Descarga final de las aguas residuales de la UPS-Sur -----	32
Figura 20. Consumo eléctrico mensual en 2012 -----	38
Figura 21. Consumo eléctrico de acuerdo a horario de medición -----	39
Figura 22. GEI por combustible consumido por la UPS-Sur -----	51
Figura 23. Número de individuos por año.-----	54
Figura 24. Scopes de la UPS-Sur 2012 -----	69



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo general para la huella de carbono-----	6
Ecuación 2. Tiempo de vida medio de descomposición-----	29
Ecuación 3. Carbono orgánico degradable disuelto-----	30
Ecuación 4. DDOC <sub>m</sub> no reaccionado-----	30
Ecuación 5. DDOC <sub>m</sub> descompuesto al final del año -----	31
Ecuación 6. DOC <sub>m</sub> acumulado al final del año -----	31
Ecuación 7. DOC <sub>m</sub> descompuesto durante el año-----	31
Ecuación 8. Cantidad de CH <sub>4</sub> generado a partir de los residuos sólidos -----	31
Ecuación 9. Transformación de GEI a CO <sub>2</sub> eq-----	51
Ecuación 10. CH <sub>4</sub> proveniente de las aguas residuales -----	58
Ecuación 11. Total de materia orgánica en las aguas residuales-----	59
Ecuación 12. Factor de emisión, kg de CH <sub>4</sub> /kg de DBO-----	59
Ecuación 13. N <sub>2</sub> O proveniente de las aguas residuales-----	62
Ecuación 14. Masa de nitrógeno en el efluente -----	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Factura de consumo eléctrico de la UPS-Sur del mes de noviembre de 2012 (Suministro 1239473-K)-----	84
Anexo 2. Factura de consumo eléctrico de la UPS-Sur del mes de octubre de 2012 (Suministro 1015300-K)-----	85
Anexo 3. Facturas de consumo de combustible de la UPS-Sur-----	86
Anexo 4. Planos Arquitectónicos del Bloque G -----	87
Anexo 5. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias energéticas -----	88
Anexo 6. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en la categoría comercial-institucional -----	89
Anexo 7. Valor de H-C obtenido con ayuda del SimaPro -----	90

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se logró determinar la huella de carbono de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus sur; el valor obtenido para el año 2012 fue de 873,88 toneladas de dióxido de carbono equivalente. La metodología aplicada es el “Protocolo de gases de efecto invernadero” que establece el cálculo de tres alcances, denominados Scopes. Para la UPS-Sur, el Scope 1 relacionado con el uso de combustibles es de 16,82 toneladas de CO<sub>2</sub> eq, el Scope 2 mismo que tiene que ver con el consumo eléctrico es de 209,07 t CO<sub>2</sub> eq y el Scope 3 que considera las emisiones de GEI por la adquisición y utilización de insumos, por la descomposición de residuos sólidos orgánicos y de descargas líquidas, tiene un valor de 647,99 t CO<sub>2</sub> eq.

Puesto que en el año 2012 había 3870 individuos realizando actividades dentro de las instalaciones de la UPS-Sur, es posible establecer un valor per cápita anual de H-C de 225,81 kg de CO<sub>2</sub> eq emitidos hacia la atmosfera.

Para verificar estos resultados se empleó el software SimaPro 7.3, con el cual se obtuvo un total de 861,03 t CO<sub>2</sub> eq. La diferencia entre los dos valores de huella de carbono se debe a que en el software no se considera los residuos ni las descargas líquidas del campus.

Finalmente se planteó algunas alternativas que permitirán disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por la UPS-Sur y reducir el impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

In this research was determined the carbon footprint of the Polytechnic Salesian University, south campus, the value obtained for the year 2012 was 873,88 tonnes of carbon dioxide equivalent. The methodology used is the "Greenhouse gas protocol" that provides the calculation of three scopes. For UPS-South, the Scope 1 related to fuel use is 16,82 tonnes of CO<sub>2</sub> eq, the Scope 2 that has to do with power consumption is 209,07 t CO<sub>2</sub> eq and Scope 3 that considers GHG emissions for the acquisition and use of inputs, by the decomposition of organic solid waste and liquid discharges, has a value of 647,99 t CO<sub>2</sub> eq.

Because in the year 2012 had 3870 individuals doing activities into the UPS-South, it is possible establish an annual per capita value for carbon footprint of 225,81 kg CO<sub>2</sub> eq emitted to the atmosphere.

To verify these results the SimaPro 7.3 software was used, in which a total of 861,03 t CO<sub>2</sub> eq were obtained. The difference between the two values of carbon footprint is because in the software the organic solid waste and the liquid waste discharges are not considered.

Finally were raised some alternatives that will reduce the amount of greenhouse gases emitted by the UPS-South and reduce the environmental impact.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la población actualmente es el cambio climático generado por razones antrópicas; dicho fenómeno no se refiere únicamente a un incremento de la temperatura, sino también, a las variaciones en las condiciones climáticas del planeta, tal y como se expresa en los muchos informes dictaminados por el IPCC.

Por lo general cualquier actividad, producto o servicio relacionados con la satisfacción del ser humano tienen una equivalencia en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana no es la excepción; diariamente los estudiantes, maestros y personal que se encuentran dentro de las instalaciones de este establecimiento producen cierto impacto ambiental que, sumado a las emisiones de GEI de la ciudad, poco a poco favorece al incremento del calentamiento global, modificando el delicado equilibrio en la tierra.

El cambio climático es considerado el problema global de mayor prioridad en este tiempo, puesto que el incremento de la temperatura por razones antrópicas ha ocasionado múltiples desastres naturales y muchísima preocupación en los seres humanos actualmente. Por esta y otras razones es indispensable que cada una de las personas que habitamos en este mundo “vulnerable”, conozcamos la magnitud del impacto que nuestras acciones diarias están provocando y mejor aún, poder tomar medidas preventivas que puedan, de cierto modo, evitar tal amenaza.

El Ecuador durante los últimos años ha firmado y ratificado varios acuerdos internacionales destinados a la protección ambiental. El Protocolo de Kioto de 1997 es uno de los más relevantes, puesto que éste demanda la disminución de seis gases que contribuyen directamente a la intensificación del calentamiento global; dichos gases se consideran de efecto invernadero o GEI por sus siglas (Vegara, Busom, & Colldeforns, 2009, pág. 13).

La determinación de la huella de carbono permite obtener la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos hacia la atmósfera y además representarlos en masa de dióxido de carbono equivalente. Al obtener un valor total de CO<sub>2</sub> equivalente de todo

el campus, es posible plantear alternativas específicas de solución, que permitirán reducir estas emisiones y además generar conciencia ambiental en la comunidad universitaria.

El valor de la huella de carbono se puede ver también como un indicador de eficiencia para una organización, porque está relacionado con el uso racional de sus recursos y servicios. Además es un parámetro que identifica todas aquellas actividades antrópicas que influyen directamente sobre el ambiente.

### **Objetivo General**

Determinar la Huella de Carbono generada por las actividades desarrolladas dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur.

### **Objetivos Específicos**

- Obtener información relevante sobre las actividades realizadas por estudiantes y trabajadores de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur, que contribuyen con el calentamiento global.
- Realizar la identificación de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero que se encuentran en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur.
- Cuantificar los gases de efecto invernadero generados en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur.

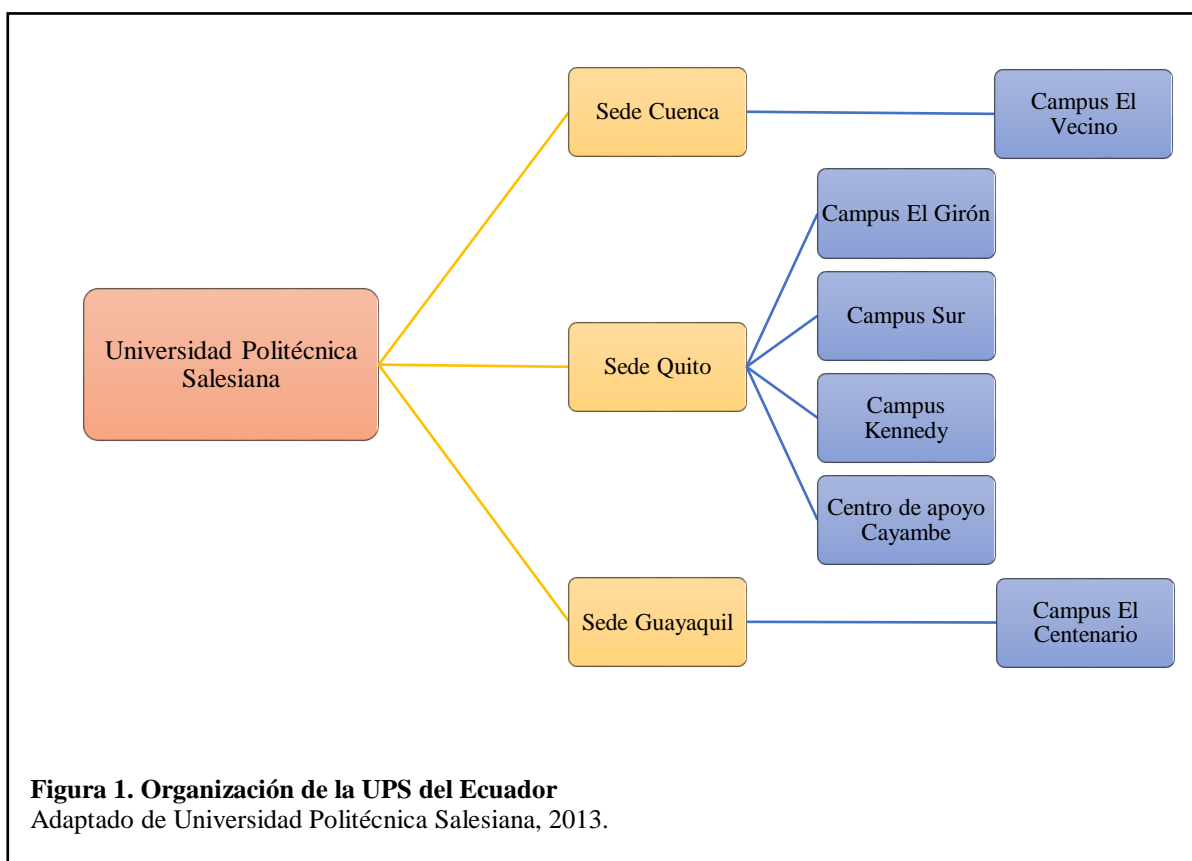
# CAPÍTULO 1

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 Antecedentes

La Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador creada el 4 de agosto de 1994 durante el gobierno del ex presidente Sixto Durán Ballén, cuenta actualmente con tres sedes; la sede matriz ubicada en la ciudad de Cuenca, otra sede en Quito y la última en Guayaquil. Así mismo la sede Quito está formada por tres campus y un centro de apoyo.

La siguiente figura muestra de manera más clara las sedes y campus de la UPS.



Este estudio se realizó en el campus sur de la sede Quito, mismo que se encuentra ubicado en la Av. Rumichaca y Av. Morán Valverde s/n. (Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, 2013). Dentro de las instalaciones del campus existen ocho edificios, donde actualmente se realizan las actividades normales de enseñanza y

administración; adicionalmente se cuenta con una cafetería y otras subestructuras que permiten el adecuado funcionamiento del campus (garitas de seguridad, generadores).



Para determinar el cálculo de la huella de carbono se puede usar varias metodologías específicas; la CEPAL presentó en uno de sus informes las más conocidas que son: el protocolo de gases de efecto invernadero, la PAS 2050:2011, la norma ISO 14064-1:2006 y el MC3. (CEPAL, 2010, pág. 20).



En la actualidad existen dos tipos de enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono, los cuales son hacia la empresa o al producto.

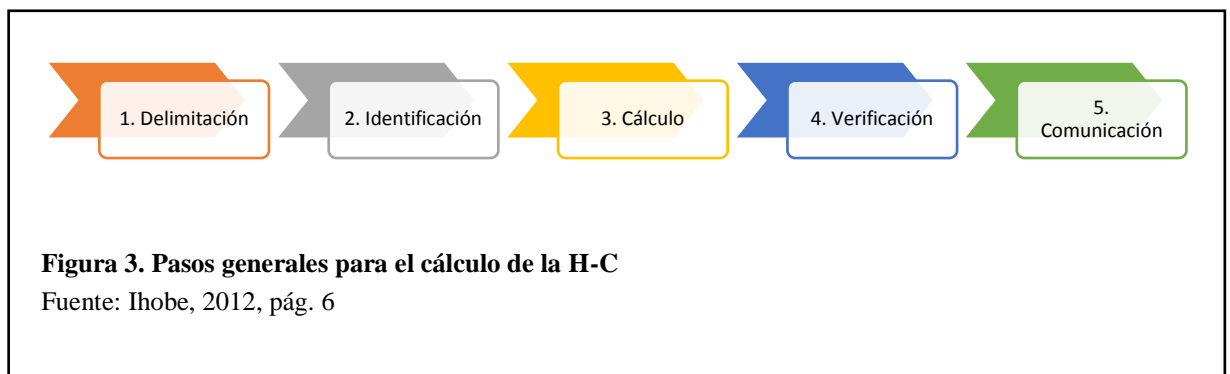
El proyecto está enfocado en el cálculo de la huella de carbono hacia la empresa, que en este caso es la UPS-Sur, en dónde se recopilará datos relativos a los consumos energéticos de la institución, con el fin de convertirlos en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes.

## 1.2 Generalidades

### 1.2.1 Huella de carbono

Es la cantidad total de gases de efecto invernadero causados directa o indirectamente por una organización, un producto o un servicio; para realizar su medición es necesaria la elaboración de un inventario de GEI expresado en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y que tiene en cuenta los seis tipos de gases considerados en el Protocolo de Kioto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC, HFC y SF<sub>6</sub>). (Ihobe, 2012, pág. 4).

El protocolo de GEI menciona que para definir los límites máximos de emisiones, es necesario detallar y/o identificar cada una de las fuentes emisoras de una organización, con la finalidad de desarrollar el cálculo de la huella de carbono. (World Business Council for Sustainable Development, 2011, pág. 30).



- **Establecimiento de Límites**

Para realizar la determinación de la H-C es sumamente importante establecer límites tanto operativos como organizacionales, éstos garantizarán resultados acertados para el cálculo.

En cuanto a la delimitación se debe instaurar 3 alcances, éstos son conocidos como scopes y se encuentran especificados en la tabla 3 de este documento.

- **Identificación de emisiones**

La organización debe conocer claramente cuáles son sus fuentes generadoras de GEI. Las emisiones pueden ser clasificadas como directas e indirectas. Las primeras se refieren a aquellas emisiones que se obtienen a partir de la quema de combustibles fósiles, mientras que las indirectas están relacionadas con la generación de electricidad y el empleo de insumos.

- **Cálculo de la H-C**

Para realizar el cálculo de la H-C se emplea factores de emisión y se logra transformar la cantidad de combustible, consumo eléctrico e insumos en masa de CO<sub>2</sub> equivalente.

La norma ISO 14064:2006 establece la siguiente fórmula para el cálculo de la H-C:

**Ecuación 1. Cálculo general para la huella de carbono**

$$\text{Emisiones de GEI ( t GEI )} = \text{Dato de actividad} * (F - E)$$

Donde:

- Dato de actividad: es la cantidad de combustible, kWh consumidos, etc.
- F-E: es el factor de emisión para cada dato de actividad.

La ecuación 1 también es usada por el *Protocolo de gases de efecto invernadero*.

- **Verificación del cálculo**

La verificación se lleva a cabo mediante una auditoría realizada por una entidad externa, que califica y certifica el resultado garantizando así la confiabilidad del valor obtenido durante el cálculo.

- **Comunicación de resultados**

La organización luego de calcular y verificar su H-C, debe proceder a comunicar los resultados obtenidos mediante la creación de un informe de emisiones.

### **1.2.2 Carbono neutro**

“Se refiere a la práctica de balancear los equivalentes de emisiones de dióxido de carbono y su compensación”. (Castro, 2012, pág. 17). Cada individuo, empresa y organización puede alcanzar el carbono neutro si compra compensaciones de carbono y opta por reducir sus emisiones, siendo la opción más recomendable, responsable y eficaz esta última.

### **1.2.3 Compensación de carbono**

Son proyectos que reducen emisiones de GEI y son creados para compensar la continua contaminación en los países industrializados. (Lohmann, 2009, pág. 1). Estos proyectos generan una especie de “crédito” para que quién contamine tenga derecho a aumentar sus emisiones por encima del límite permisible. Los planes de compensación de carbono son llevados a cabo por compañías, instituciones financieras internacionales y gobiernos.

#### **1.2.4 Huella ecológica vs. Huella de carbono**

La huella ecológica es una herramienta que indica quién actúa con un principio de sostenibilidad con el ambiente, es decir que satisface cada una de las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro las posibilidades de progreso de las generaciones futuras, para lo cual cada país, región, ciudad, organización, empresa y persona tiene que tener un grado de responsabilidad con el entorno. (Quesada, 2007, pág. 60).

La H-E es un indicador que cuantifica de cierta manera el impacto ambiental ocasionado por el estilo de vida actual, además hace referencia al total de superficie de tierra que necesitan los seres humanos para poder generar recursos naturales (alimentos, madera, textiles, etc.), y para asimilar sus residuos.

La huella ecológica a diferencia de la huella de carbono calcula el área que es ecológicamente productiva; las emisiones de carbono pueden alcanzar hasta un 50 % de la huella ecológica, por esta razón varios expertos indican que la huella de carbono representa, la mitad de la huella ecológica.

Otro parámetro que permite distinguir la huella ecológica de la H-C es la unidad en la que son medidas, puesto que la primera se expresa en hectáreas globales (hag), mientras que como se ha mencionado anteriormente, la H-C se mide en masa de CO<sub>2</sub> equivalente.

Varios países han optado por realizar la medición de sus huellas ecológicas, los valores obtenidos han provocado reacciones diferentes en la gente, desde asombro y decepción hasta cambio en su idiosincrasia; cada vez es mayor el número de individuos que buscan de manera más intensa la protección ambiental y exigen a sus gobiernos que la garanticen.

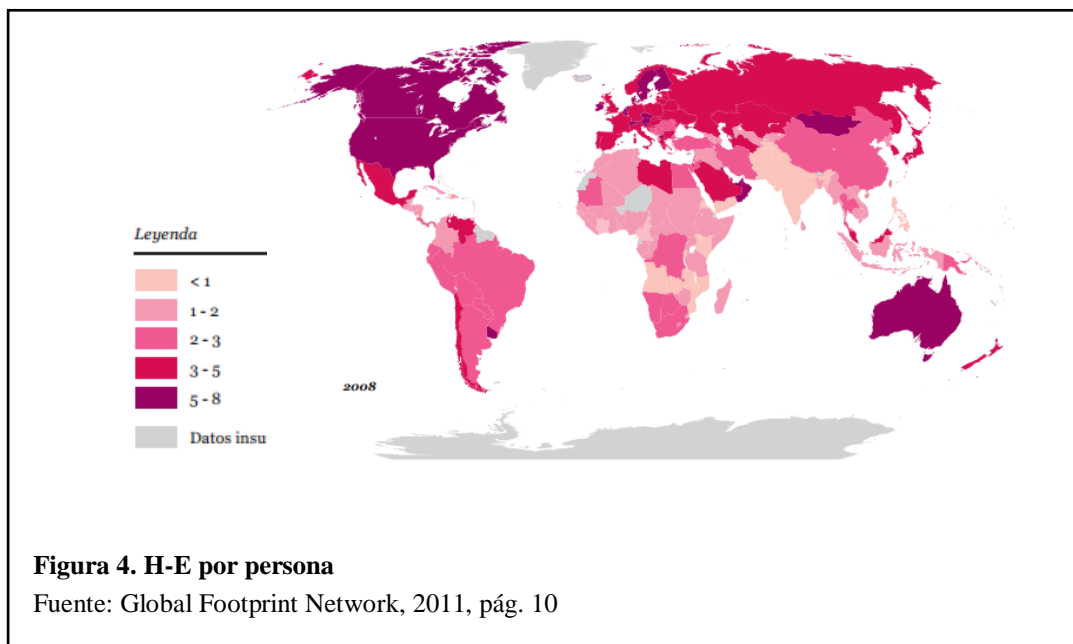
Países como los Emiratos Árabes y los Estados Unidos son los que poseen actualmente una mayor huella ecológica mundial con más de 10 hectáreas de terreno por cada habitante. Esto significa que si todos los habitantes del planeta consumieran la misma

cantidad de recursos, necesitaríamos más de 4,5 planetas como el nuestro para sostener el nivel de vida deseado. (Peragón, 2010, pág. 107).

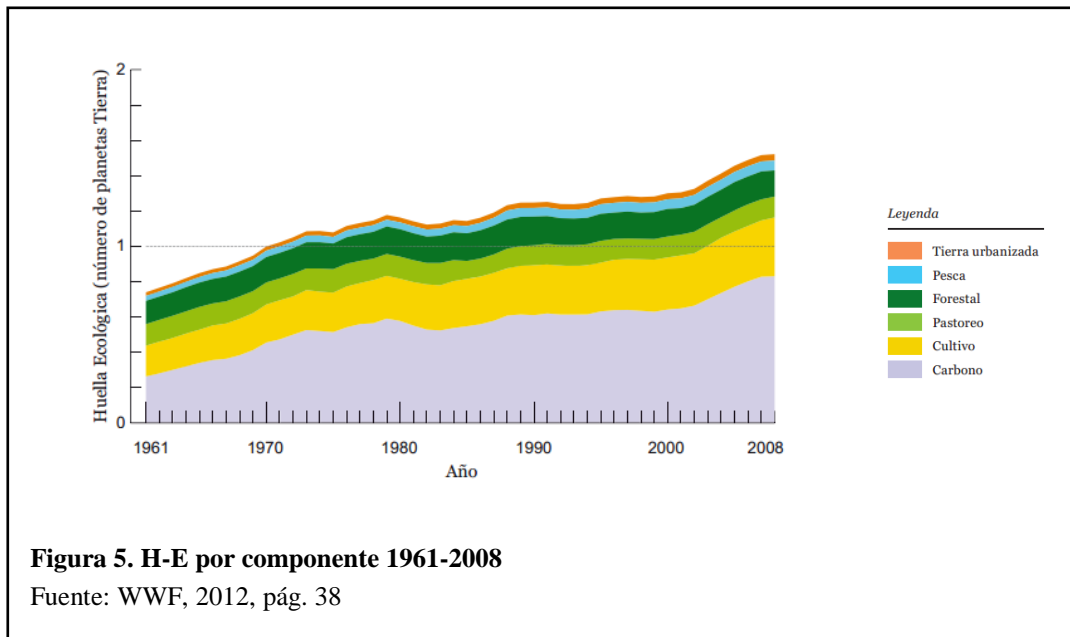
En el 2010 se concluyó que se había sobrepasado la capacidad de regeneración natural del planeta en un 25%; actualmente este valor es aún mayor, lo que sólo nos puede indicar una cosa: los seres humanos estamos acabando con nuestro propio planeta, ya que actualmente generamos más desechos y ocupamos más recursos de los que el planeta tierra puede asimilar y producir, todo esto debido al modo de vida consumista aprendido de las naciones industrializadas.

Los 10 países que tienen la mayor H-E per cápita de acuerdo a un informe expuesto por la organización internacional *WWF*, conocido como *informe planeta vivo* en 2012, son: Qatar, Irlanda, Australia, Kuwait, Canadá, Estados Unidos, Emiratos Árabes Unidos, Dinamarca, Países Bajos y Bélgica.

La H-E en el año 2008 fue 18200 millones de hag (2,7 hag por persona). (WWF, 2012, pág. 38). Lo que indica que cada persona en el mundo necesitaba 2,7 ha para poder vivir y prosperar. La biocapacidad per cápita del planeta es de 1,8 hectáreas globales, este valor es lo máximo que debería utilizar un ser humano al año para no afectar al planeta.



Analizando la situación del Ecuador en la figura 4, es posible ver que se ha sobrepasado la biocapacidad del planeta, puesto que la H-E de cada ecuatoriano es 2,30 hag. Se ha calculado que si todos los habitantes del mundo vivieran como un ecuatoriano promedio, se requerirían de 1,3 planetas para sustentar su nivel de consumo.



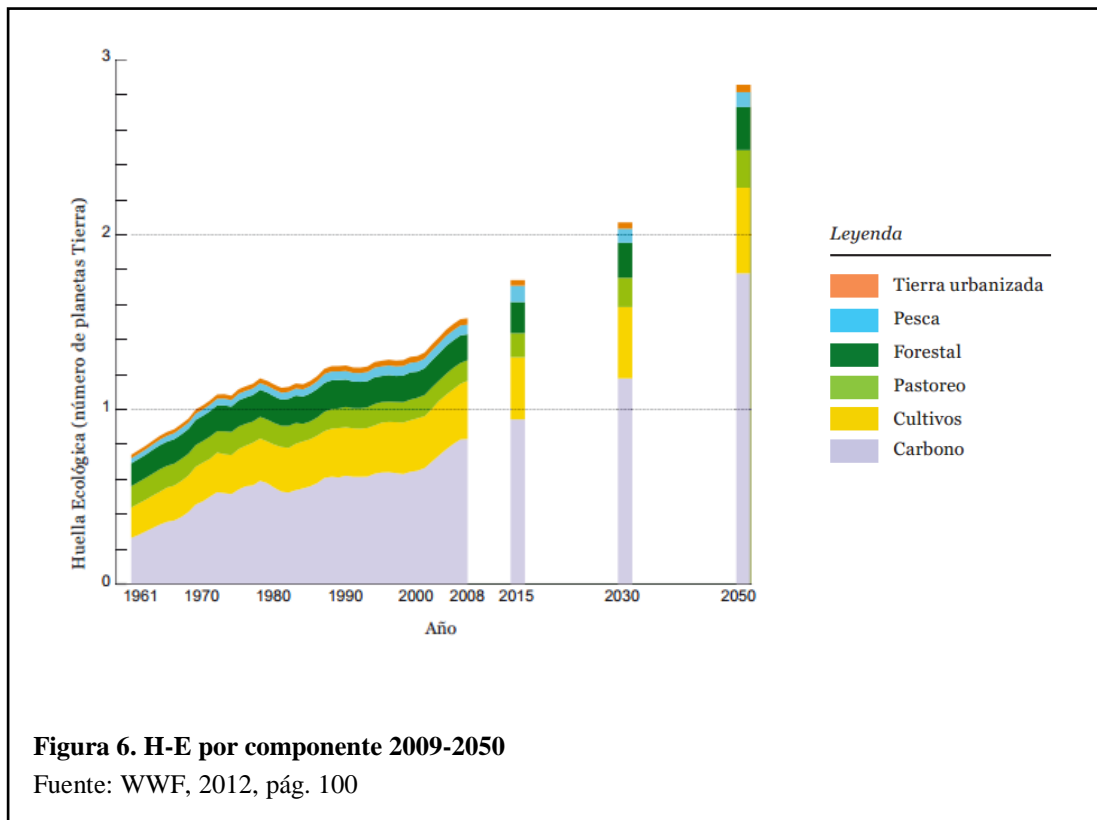
Como se mencionó anteriormente, la huella de carbono representa la mayor parte de la H-E y en la figura anterior se puede apreciar de mejor manera.

La H-E puede ser considerada como la suma de:

- Las ha de tierra dónde exista vegetación capaz de actuar como sumidero de CO<sub>2</sub>.
- Las ha de terreno que puede usarse para producir alimentos.
- La superficie utilizada para asentamientos humanos.
- Las ha de tierra que podrían usarse para obtener madera.
- La superficie marina dónde se puede producir pescado y mariscos.
- La cantidad de terreno que se puede utilizar para alimentar ganado.

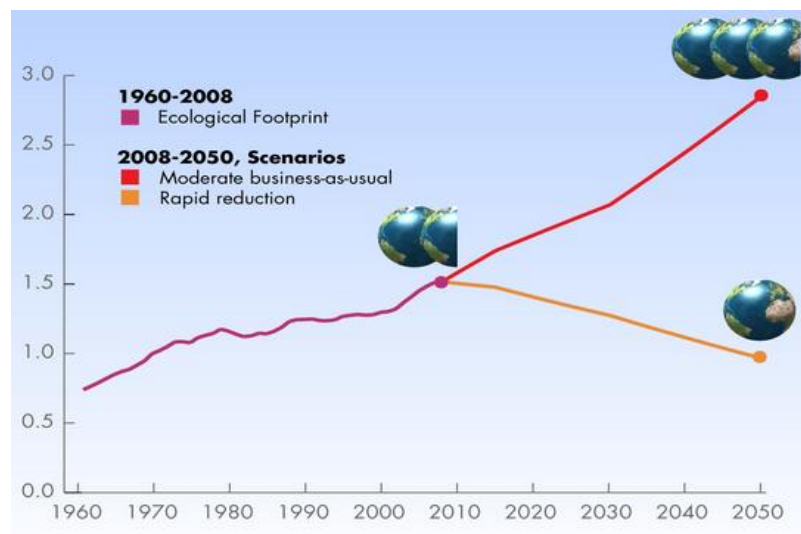
Varios estudios indican que el valor de la H-E es directamente proporcional al número de habitantes, lo que quiere decir que cuando el crecimiento poblacional aumenta

también lo hace la huella ecológica, y por ende la H-C; por lo que para el año 2050 se espera tener una situación que se representa claramente en la gráfica siguiente.



Por lo que se puede observar en esta figura, para el año 2050 se necesitará en teoría, 3 planetas tierra para que los seres humanos puedan subsistir.

Resultados igualmente alarmantes son los presentados por la red mundial de la H-E; aunque esta entidad internacional afirma que si los gobiernos de todo el mundo actúan rápidamente y cada ser humano empieza a preocuparse por el cuidado del ambiente, la situación pronosticada para el 2050 puede variar y la biocapacidad de la tierra podría volver a estabilizarse, por lo que se volvería a solventar las necesidades con un único planeta tierra.



**Figura 7. Biocapacidad pronosticada para el año 2050**

Fuente: Global Footprint Network, 2011, pág. 14

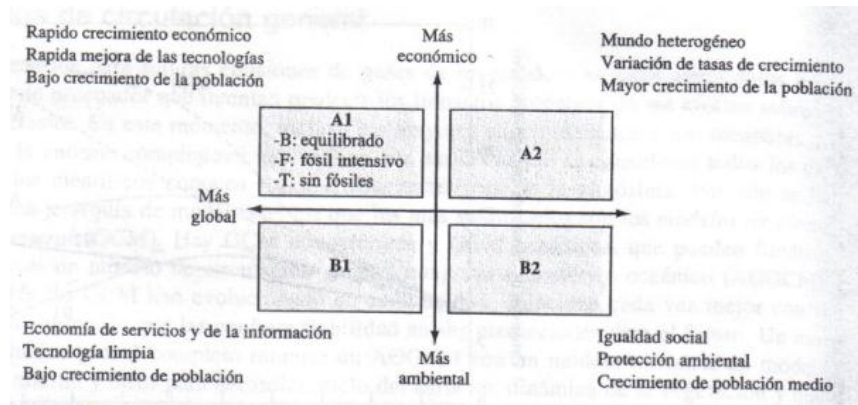
En conclusión si se desea alcanzar una neutralidad de carbono, es necesario valerse de una combinación de esfuerzos, tanto de reducción de emisiones contaminantes, como de aplicación de medidas encaminadas al principio sostenible con el ambiente.

Desde hace 15 años el IPCC se ha encargado de obtener, de manera científica, información que respalde la existencia del cambio climático provocado por la actividad humana.

El Panel intergubernamental sobre cambio climático también plantea medidas de mitigación y predice las emisiones de GEI futuras al desarrollar distintos escenarios que realizan modelamientos climáticos.

En el año 2000 el IPCC publicó el “informe especial sobre escenarios de emisiones”, en el que se establece los escenarios A1, A2, B1, B2; los dos primeros tienen que ver con las emisiones futuras relacionadas al crecimiento económico, y los dos restantes se centran más al tema ambiental.





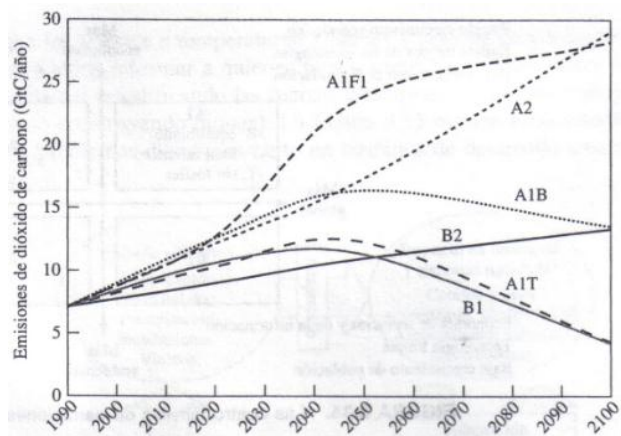
**Figura 8. Escenarios del SRES**

Fuente: Masters & Ela, 2008, pág. 580

La figura anterior indica las derivaciones del escenario A1, así se tiene:

- A1-F. Uso de combustibles fósiles.
- A1-T. Sin uso de combustibles fósiles (energías limpias).
- A1-B. Combinación de combustibles fósiles y energías limpias.

Los escenarios del SRES pueden presentar valores de GEI hasta el año 2100.



**Figura 9. Emisiones de CO<sub>2</sub> desde 1990 a 2100**

Fuente: Masters & Ela, 2008, pág. 581

Los valores del gráfico anterior se presentan en gigatonnes de carbono por año (1Gt =  $1 \times 10^9$  toneladas).

Los escenarios B1 y A1-T indican que las emisiones de dióxido de carbono pueden decrecer en el futuro, siempre y cuando se opte por utilizar tecnologías limpias y por mantener un índice bajo de crecimiento poblacional. Caso contrario, los escenarios A1-F y A2 muestran que se puede alcanzar los valores más altos de CO<sub>2</sub>, si se continúa usando combustibles fósiles y teniendo un alto crecimiento de la población.

El IPCC afirma que es posible alcanzar una estabilización climática y para esto no basta con mantener constante la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmosfera, sino que es imprescindible reducirla para que su tasa de generación sea igual a su tasa de eliminación.

Al conservar las concentraciones de GEI iguales a las actuales, en unos años el clima necesitaría de varias décadas para poder justarse a su nueva temperatura de equilibrio. (Masters & Ela, 2008, pág. 586).

El IPCC ha notificado en unos de sus muchos informes, las consecuencias ocasionadas por el cambio climático antropogénico. Entre éstas se encuentran: tormentas de intensidad y frecuencia elevadas, sequías, inundaciones, olas de calor intensas, aumento del nivel y acidez de los océanos, pérdida de superficie en glaciares y nevados, fusión de los casquetes polares, alteración de ecosistemas y extinción de especies de flora y fauna.

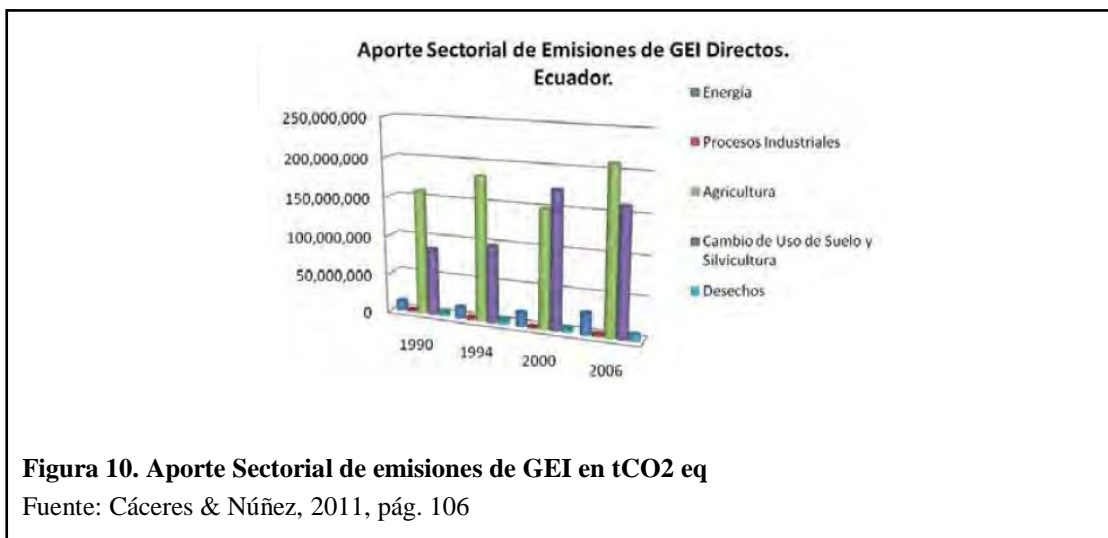
### **1.3 La huella de carbono en el Ecuador**

Lamentablemente en el Ecuador la iniciativa del cálculo de la huella de carbono sigue en etapa inicial, hay pocas empresas que han iniciado la medición de su huella de carbono.

El gobierno está promoviendo políticas que conlleven a la eficiencia energética debido a que la huella de carbono está íntimamente relacionada con el consumo de energía. A esto se suma el hecho de que los actuales subsidios representarán un verdadero desafío

para su propia sustentación en vista de los crecientes costos que tiene y tendrá la energía a nivel global.

El Ecuador es un país limitadamente pequeño, pero una de las grandes ventajas que tiene es que posee diversos ecosistemas en el mundo y debido a esto también es vulnerable a los diversos cambios climáticos que se están presentando en la actualidad. Ventajosamente el MAE ha optado por tomar políticas que aseguren la conservación del ambiente y la reducción de las emisiones de carbono en el sector industrial. (Houston, 2012, pág. 1).



La figura 10 indica las emisiones de GEI emitidas hacia la atmosfera por 5 sectores relevantes en el Ecuador. El valor mayor en 2006 corresponde a la agricultura, muy seguido por el cambio de uso de suelo y silvicultura; es importante concluir que las industrias, la energía y los desechos no presentan valores significativos.

De acuerdo a la *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático* (informe enviado por el Ecuador a la CMNUCC en 2011) se estableció que los GEI más importantes emitidos en este país son: el óxido nitroso y el dióxido de carbono, como se puede apreciar en la figura siguiente.



El incremento de las emisiones de N<sub>2</sub>O en 2006 se obtuvo como consecuencia del aumento de animales de pastoreo y de la agricultura.

El crecimiento de CO<sub>2</sub> en cambio es producto del cambio de uso de suelo principalmente, puesto que bosques y pastizales son degradados para establecer zonas urbanas; la generación de energía y el sector industrial también influyen un poco en la generación de este GEI. En el año 2006 la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida hacia la atmosfera fue 188 973,6 kilotoneladas. (Cáceres & Núñez, 2011, pág. 11).

La generación de CH<sub>4</sub> en el Ecuador se debe en primer lugar a la actividad agrícola, y un poco menos al manejo de desechos. De acuerdo a la subsecretaria de cambio climático del MAE, en 2006 las emisiones de metano aumentaron un 54,6 % debido al crecimiento poblacional y por ende de desechos tanto sólidos como líquidos.

La tabla siguiente muestra la cantidad total de emisiones netas de CO<sub>2</sub> eq del Ecuador.

**Tabla 1. Inventario Nacional de GEI Ecuador**

Sector	Emisiones de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> eq)	Remociones de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> eq)	Emisiones de N <sub>2</sub> O (tCO <sub>2</sub> eq)	Emisiones de CH <sub>4</sub> (tCO <sub>2</sub> eq)	Total (tCO <sub>2</sub> eq)
<b>Agricultura</b>	0	0	201 049 627,98	9 059 192,97	<b>210 108 820,95</b>
<b>Cambio de uso de suelo y silvicultura</b>	161 327 861,27	-1 695 246,67	231 686,48	2 282 893,2	<b>162 147 194,29</b>
<b>Energía</b>	26 586 361,66	0	111 681,09	197 373,08	<b>26 895 415,82</b>
<b>Desechos</b>	0	0	187 787,36	7 916 943,32	<b>8 104 730,68</b>
<b>Industria</b>	2 754 590,34	0	0	0	<b>2 754 590,34</b>
<b>Total (tCO<sub>2</sub> eq)</b>	<b>190 668 813,27</b>	<b>-1 695 246,67</b>	<b>201 580 782,92</b>	<b>19 456 402,56</b>	<b>410 010 752,08</b>

Nota: tCO<sub>2</sub> eq = toneladas de dióxido de carbono equivalente.

Fuente: Cáceres & Núñez (2011). *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático*

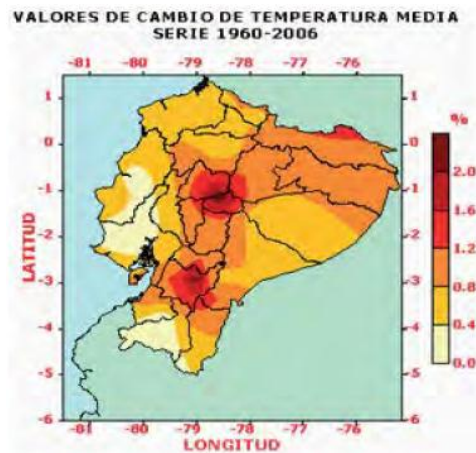
El valor mayor de la tabla 1 corresponde al total de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente del sector agrícola que es 210 108 820,95; seguido por el cambio de uso de suelo y silvicultura que representa 162 147 194,29 tCO<sub>2</sub> eq; los últimos lugares pertenecen al sector de energía, de desechos e industrial, cuyos valores en tCO<sub>2</sub> eq son: 26 895 415,82, 8 104 730,68, 2 754 590,34 respectivamente.

Al realizar la suma de todos los valores anteriores se obtiene la cantidad total de emisiones netas de CO<sub>2</sub> eq del Ecuador, este resultado es 410 010 752,08 tCO<sub>2</sub> eq. Este valor fue proporcionado a la CMNUCC por el Ecuador en 2011.

### 1.3.1 Evidencias de cambio climático en Ecuador

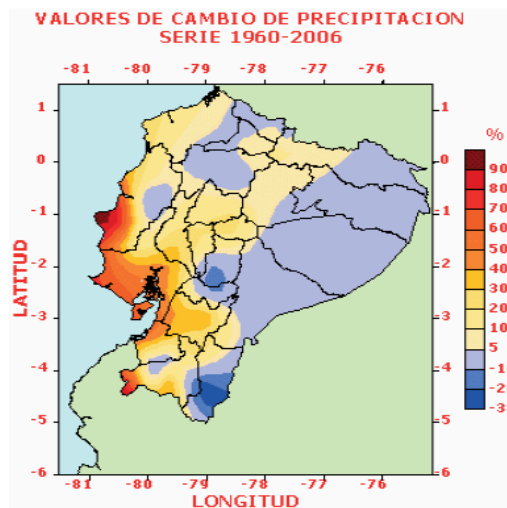
De acuerdo a datos establecidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, desde hace algunas décadas las precipitaciones y la temperatura media en el Ecuador han variado de manera paulatina. Estas variaciones han afectado a muchas comunidades en el país, puesto que tienen que afrontar períodos de sequía, inundaciones, tormentas, etc.

Al analizar los registros de 39 estaciones meteorológicas entre 1960 y 2006, se pudo determinar que la temperatura media anual ha tenido un aumento de 0,8 °C. (Cáceres & Núñez, 2011, pág. 22). Los porcentajes de cambio se ven en la figura siguiente.



**Figura 12. Porcentaje de variación de la temperatura entre 1960 y 2006**  
Fuente: Cáceres & Núñez, 2011, pág. 22

Con respecto a las precipitaciones anuales, se dice que ha existido un incremento de lluvias en la región litoral del 33% y un 8 % en la región interandina. (Cáceres & Núñez, 2011, pág. 22).

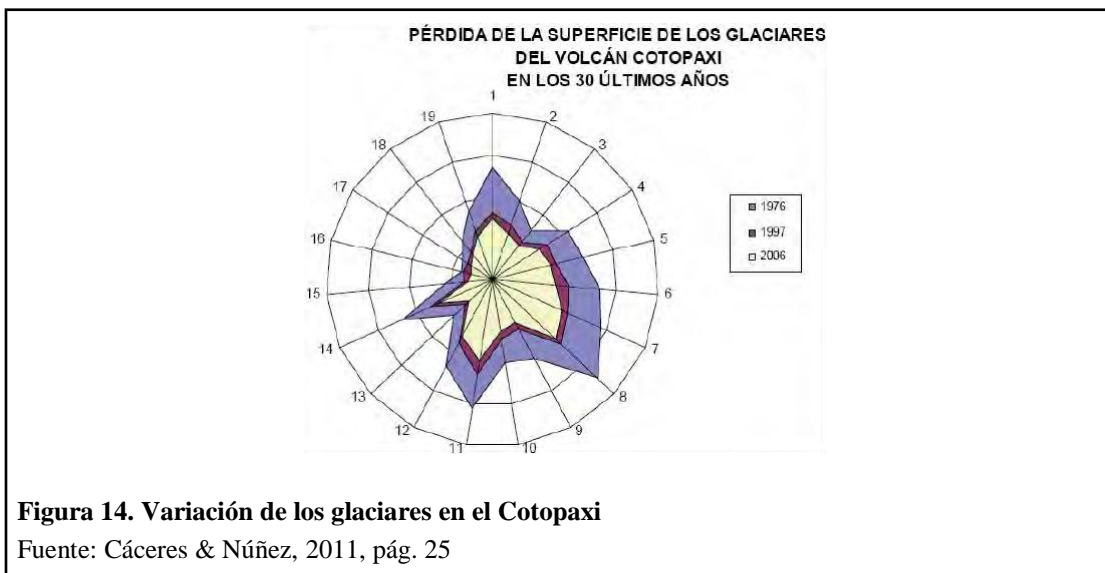


**Figura 13. Porcentaje de variación de la precipitación entre 1960 y 2006**  
Fuente: Cáceres & Núñez, 2011, pág. 24

El nivel del mar también se ha visto afectado por el cambio climático actual. De acuerdo al INAMHI entre 1995 y 2008 en el centro y sur del país se registró un aumento de 7,80 y 5,20 centímetros en las estaciones “La Libertad” y “Puerto Bolívar” respectivamente. Caso contrario al norte del país, la estación “Esmeraldas” registró una disminución del nivel del mar de 0,52 cm.

Las evidencias glaciológicas en el país muestran reducciones importantes en los glaciares de los nevados, es así que entre 1997 y 2006 se ha disminuido un 27,8% de su superficie total.

Entre 1976 y 2006 aproximadamente 7,4 km<sup>2</sup> de los glaciares del Cotopaxi han desaparecido, lo que representa el 40% de su área total.



**Figura 14. Variación de los glaciares en el Cotopaxi**

Fuente: Cáceres & Núñez, 2011, pág. 25

Los datos obtenidos indican que en sólo 5 años (entre 1995 y 2000) el retroceso de los glaciares fue 8 veces más rápido que el registrado durante 36 años (entre 1956 y 1992).

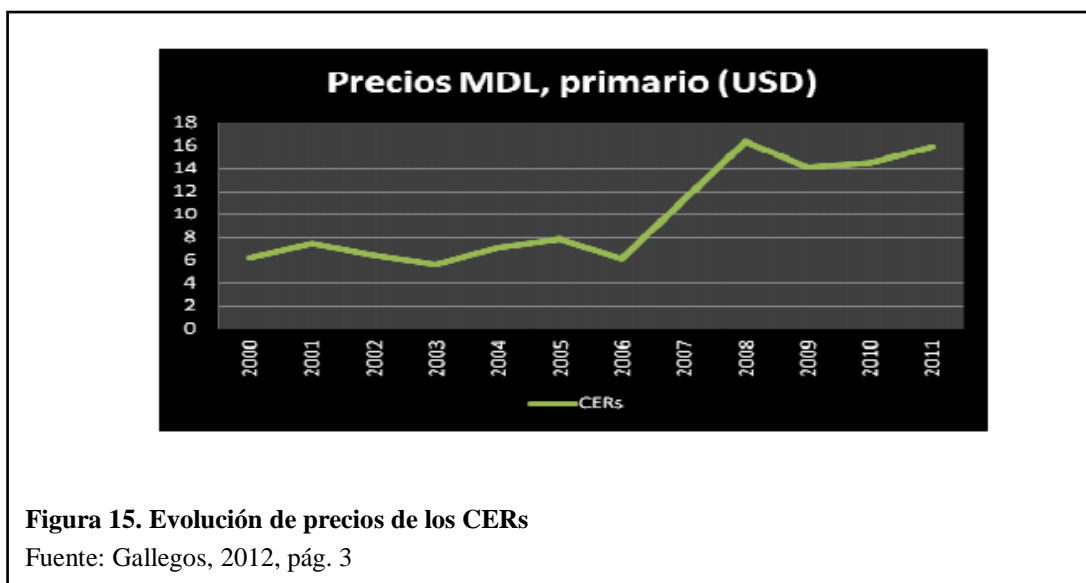
Sin la existencia de alguna legislación nacional específica relacionada con el cálculo de la H-C pocas son las organizaciones que están tomando consciencia ecológica por sí mismas; para esto es sumamente necesario que existan iniciativas propias y más preocupación por el medio ambiente, ya que debido al uso excesivo de combustibles fósiles, el calentamiento global aumenta originando que los seres humanos se expongan a riesgos bastante significativos en el futuro.

### 1.3.2 Mercado de carbono en el Ecuador

Desde el año 2003 el Ecuador entra en el “mercado de carbono”, con el objetivo de que los países industrializados más contaminantes le entreguen cierta cantidad de dinero, por realizar proyectos de mecanismos de desarrollo limpio, también conocidos como MDL. Dichos proyectos son presentados al MAE, para ser verificados y posteriormente aprobados. De esa manera cualquier entidad pública o privada que realice un MDL en el que se eliminen sus emisiones de GEI, puede realizar un acuerdo de compra-venta de CERs y así obtener remuneraciones económicas.

Durante el año 2011, noventa y dos proyectos de MDL fueron presentados al MAE, de los cuales la mayoría (40) tienen que ver con proyectos relacionados a la energía hidroeléctrica, mientras que sólo 10 son proyectos de forestación.

El precio de los CERs siempre están fluctuando cada año, para el 2011 el valor de cada bono de carbono fue de casi 16 dólares americanos.



### 1.3.3 Acreditaciones y carbono neutralidad en Ecuador

En el Ecuador hay algunas entidades que se dedican a la acreditación de la H-C y el alcance de la carbono neutralidad.



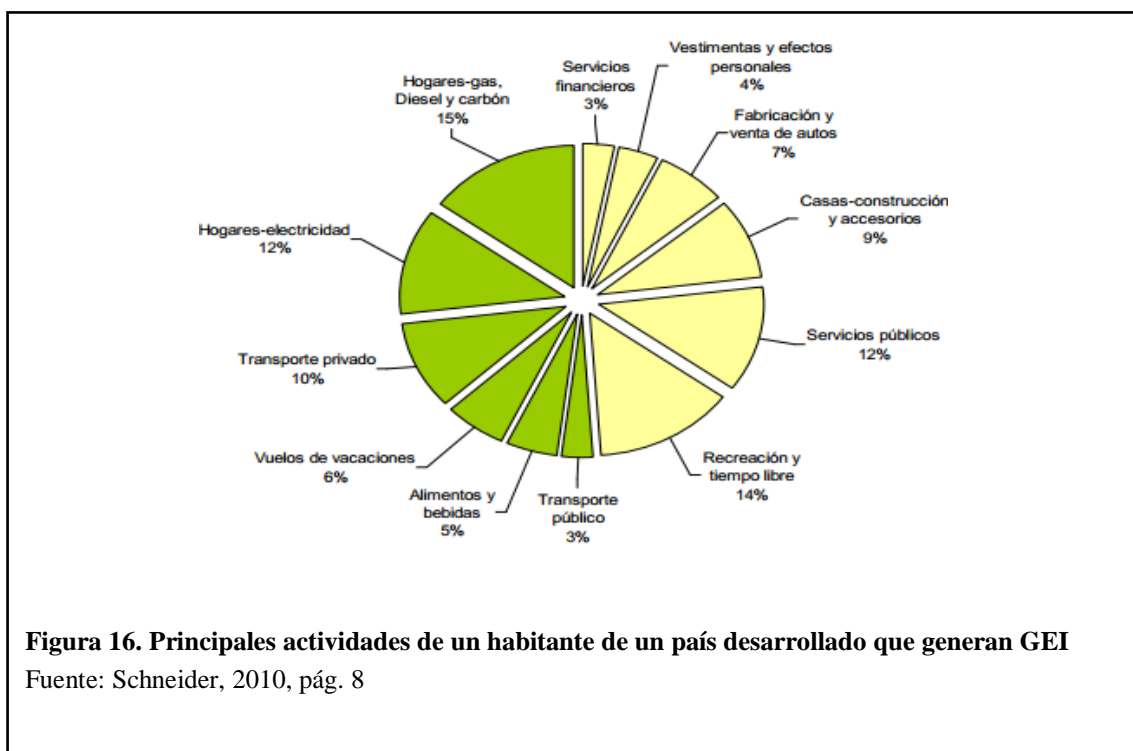
Si se desea obtener una acreditación en base de la norma internacional ISO 14064:2006, para el cálculo de H-C en la UPS-Sur, la consultora *Sambito, S.A.* y *CO<sub>2</sub>mpensa* son las organizaciones más aptas para realizarlo. La primera se ha encargado de certificar al MAE, Panasonic, entre otras y la segunda a Pronaca, Toni, la Fabril.

Además ambas empresas ayudan a obtener la carbono neutralidad, para compensar de esa manera la cantidad de GEI emitidos.

### 1.4 Huella de Carbono en otros países

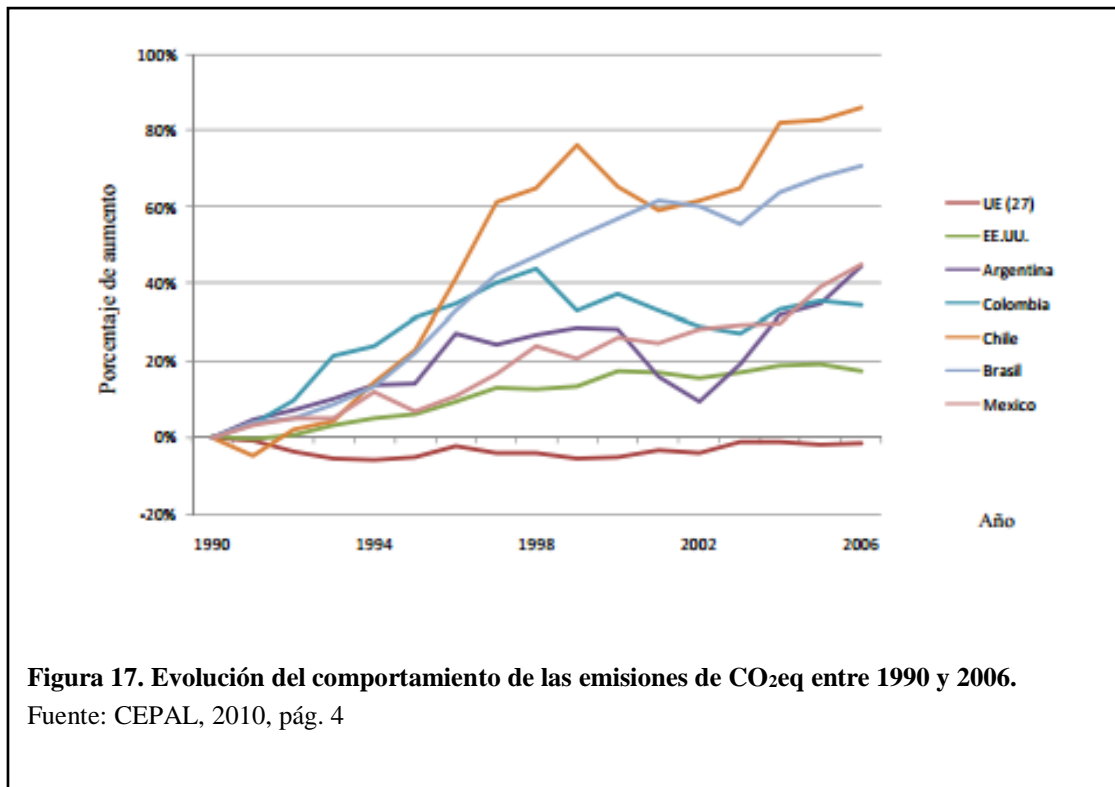
Los países desarrollados son responsables del mayor porcentaje de emisiones de GEI hacia la atmósfera, lamentablemente estos países tal como EEUU, la segunda tasa más alta en el mundo sólo superada por China, poseen un carácter consumista y al continuar con este estilo de vida afectan a todo el planeta produciendo pérdida de ecosistemas, extinción de especies vegetales y animales, desastres naturales, etc.

A continuación se muestra una gráfica en donde se especifica cada una de las actividades de una persona en un país desarrollado.



Los países latinoamericanos afrontan grandes desafíos de carácter no sólo económico y social, sino también ambiental.

Algunos de los países se encuentran a la cabeza en crecimiento poblacional y económico, esto conlleva a producir un alto grado de emisiones de GEI, que puede ser observado a continuación.



**Figura 17. Evolución del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq entre 1990 y 2006.**

Fuente: CEPAL, 2010, pág. 4

Esta figura muestra una idea de cuál es el comportamiento de las emisiones de GEI. La mayoría de países tienden a incrementar dichas emisiones y en algunos casos llegan a alcanzar porcentajes alarmantes, como en el caso de Chile que en sólo 16 años aumentó más del 80% sus emisiones de gases de efecto invernadero. La Unión Europea al contrario, mantuvo el mismo valor durante más de una década.

Algunos valores per cápita de la huella de carbono se pueden ver en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Valores de H-C de varios países**

<b>País</b>	<b>Huella de Carbono (tCO<sub>2</sub> eq/hab*año)</b>
Estados Unidos	17,6
Rusia	12,2
Japón	9,2
Irlanda	8,9
Reino Unido	7,9
China	6,2
España	5,9
Francia	5,6
Argentina	4,5
México	3,8
Brasil	2,2
Ecuador	2,2
Perú	2
India	1,7
Colombia	1,6

Fuente: Banco Mundial (2013). Emisiones de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita)

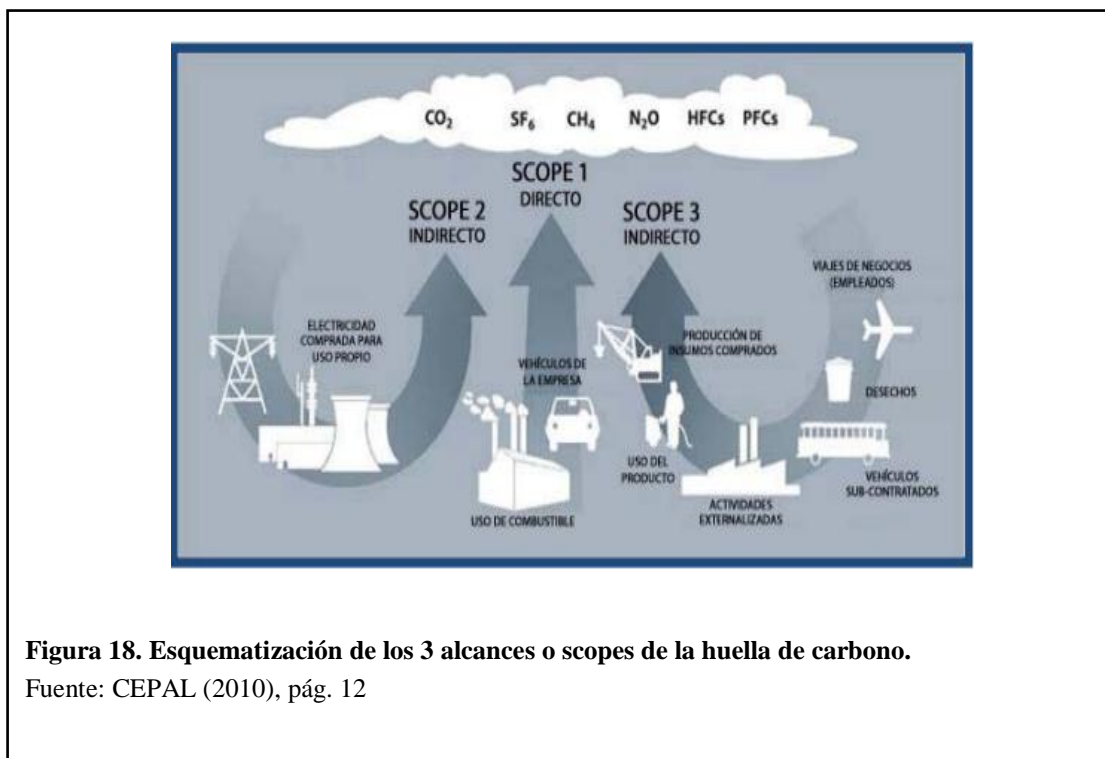
La información presentada en la tabla 2 presenta datos de CO<sub>2</sub> eq por habitante, por esta razón se puede ver que China que es el país con mayor cantidad de emisiones de GEI en el mundo tiene un valor de tan sólo 6,2 toneladas. Si se toma en cuenta que de acuerdo al Banco mundial, la población de China en el año 2012 fue de 1351 millones de habitantes, entonces se obtendría un resultado impresionante de 8'376'200'000 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas hacia la atmosfera cada año. Así mismo Estados Unidos con sus 313,9 millones de habitantes y al tener una H-C de 17,6 tCO<sub>2</sub>eq/hab\*año, representaría a nivel global 5'524'640'000 toneladas de CO<sub>2</sub>, un valor menor que el de China. (Banco Mundial, 2013, pág. 1).

## **1.5 Marco normativo para la determinación de la huella de carbono**

### **1.5.1 Protocolo de gases de efecto invernadero**

El GHG Protocol o protocolo de gases de efecto invernadero es una herramienta de cálculo de emisiones de GEI que ha logrado un alto reconocimiento mundial y es una de las principales referencias en lo que respecta al cálculo de la huella de carbono. (World Business Council for Sustainable Development, 2011, pág. 3).

Esta metodología indica que se debe considerar tres tipos de alcances o scopes, los cuales se muestran a continuación:



**Figura 18. Esquematización de los 3 alcances o scopes de la huella de carbono.**

Fuente: CEPAL (2010), pág. 12

**Tabla 3. Alcances de emisiones GEI**

Alcance/Scope	Descripción
<b>Alcance 1</b>	- Emisiones directas de GEI. - Fuentes de propiedad y controladas por la organización. - Por ejemplo: fuentes de combustión fija como calderos hornos y equipos móviles utilizados en tareas como poda del césped o vehículos propios de la Institución.
<b>Alcance 2</b>	- Emisiones indirectas de GEI - Gastos realizados por la organización para abastecer de energía eléctrica.
<b>Alcance 3</b>	- Otras emisiones Indirectas - Es de carácter opcional. - Por ejemplo: transporte de combustibles adquiridos, el uso de productos y servicios vendidos.

Fuente: World Business Council for Sustainable Development (2011). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*

### **1.5.2 ISO 14064-1:2006**

La segunda herramienta de cálculo es la guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de gases de efecto invernadero que se utiliza para elaborar e informar acerca del inventario de GEI.

La norma ISO 14064-1:2006, por su carácter internacional, es la herramienta más adecuada para que las organizaciones puedan realizar y comunicar sus inventarios de emisiones, esto es, calcular su huella de carbono corporativa. (Ihobe, 2012, pág. 5).

### **1.5.3 Publicly Available Specification. 2050:2011**

La PAS 2050 es una norma internacional para la evaluación de las emisiones de GEI derivadas del ciclo de vida de los bienes y servicios. La especificación fue desarrollada en 2008 por BSI (British Standards Institution) y copatrocinada por Carbon Trust y Defra (Department for Environment Food and Rural Affairs) con el fin de facilitar a las empresas y demás organizaciones un método claro y consistente para medir la Huella de Carbono de productos y servicios. (British Standards Institution, 2012, pág. 6).

Además de esta normativa, también se encuentra disponible la PAS 2060, misma que está relacionada con la neutralización de la huella de carbono.

### **1.5.4 Método compuesto de las cuentas contables**

También conocido como MC3, es una metodología que facilita la determinación de la huella de carbono para organizaciones, bienes, servicios y empresas. Esta técnica de cálculo difiere de las anteriores, debido a que el MC3 utiliza documentos contables y balances de todos los bienes y servicios ocupados y adquiridos por la organización. De esta manera establece un vínculo entre el aspecto económico y el ambiental.

### **1.6 GEI generados por la descomposición de desechos**

Tanto desechos como residuos sólidos orgánicos pueden ser generadores de GEI, debido a su descomposición. Puesto que el ambiente predominante en un relleno sanitario o cualquier otro SEDS es anaeróbico (ausente de oxígeno), el principal gas

que se produce es el denominado biogás; este gas es obtenido como resultado de los procesos biológicos, en el que algunos microorganismos actúan sobre la materia orgánica degradándola. Esta descomposición se lleva a cabo en dos fases.

Durante la primera fase, la descomposición se realiza con presencia de oxígeno y se obtiene algunos subproductos, como: CO<sub>2</sub>, agua y energía. En la segunda fase, intervienen las bacterias metanógenas, debido a que todo el oxígeno presente en el medio se agotó durante la degradación aeróbica, generando así el biogás.

El biogás está compuesto en mayor proporción por CH<sub>4</sub> (entre el 50 y 60 por ciento de su volumen total) y CO<sub>2</sub>, que puede variar del 27 al 45 por ciento; además contiene valores más pequeños de nitrógeno, ácido sulfúrico e hidrógeno. (Colomer, 2010, pág. 128). Debido a su poder calorífico interno (4200 kcal/m<sup>3</sup>), el biogás puede ser quemado para aprovecharlo energéticamente y/o para reducir riesgos de explosiones en un SEDS.

El IPCC plantea dos metodologías que permiten calcular las emisiones de metano a partir de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos; el primero conocido como “equilibrio de masas” y el segundo denominado “FOD”. El FOD es altamente utilizado por varios países al momento de realizar sus inventarios nacionales de GEI, debido a que permite conseguir valores muchos más exactos que el método de equilibrio de masas.

### **1.6.1 Carbono orgánico degradable**

El DOC es la cantidad de carbono orgánico que se encuentra presente en los residuos sólidos y que puede someterse al proceso de degradación bioquímica.

El IPCC plantea por defecto los valores de DOC para cada tipo de residuos que puede descomponerse generando CH<sub>4</sub>.

**Tabla 4. Valores por defecto de DOC**

<b>Carbono orgánico degradable (DOC)</b>		
<b>Residuos</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Valor por defecto</b>
Comida	0,08 - 0,20	0,15
Jardín	0,18 - 0,22	0,2
Papel	0,36 - 0,45	0,4
Madera y paja	0,39 - 0,46	0,43
Textiles	0,20 - 0,40	0,24
Pañales desechables	0,18 - 0,32	0,24

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

### **1.6.2 Factor de corrección para el metano**

Al incluir este factor en los cálculos es posible obtener resultados más exactos, puesto que se puede decir que la misma cantidad de residuos orgánicos, al ser dispuestos, va a producir más metano en un sitio de eliminación de desechos sólidos anaeróbicos gestionado, que en uno no gestionado.

En los SEDS no gestionados, una fracción mayor de desechos se descompone aeróbicamente en la capa superior. (IPCC, 2006, pág. 15).

**Tabla 5. MCF y porcentaje de distribución de residuos**

<b>Factor de corrección de metano (MCF)</b>		<b>Distribución de residuos</b>
<b>Tipo de Sitio</b>	<b>Valor por defecto</b>	
Gestionado anaeróbico	1,0	25%
Gestionado semi-aeróbico	0,5	5%
No gestionado profundo	0,8	30%
No gestionado poco profundo	0,4	25%
No categorizado	0,6	15%

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

El valor de distribución de residuos presentado en la tabla anterior permite determinar un promedio ponderado de MCF, de la siguiente manera:

$$\overline{MCF} = (1 * 0,25) + (0,5 * 0,05) + (0,8 * 0,30) + (0,4 * 0,25) + (0,6 * 0,15)$$

$$\overline{MCF} = \text{Promedio ponderado de MCF} = 0,71$$

### **1.6.3 Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone**

Es una apreciación del carbono liberado en un SEDS, puesto que esta pequeña fracción se descompone al final y lo hace de una manera muy lenta.

El valor por defecto recomendado para  $DOC_f$  es de 0,5. (IPCC, 2006, pág. 16).

Este valor del  $DOC_f$  se establece tomando en cuenta que el DOC de la madera de la tabla 4 comprende a la lignina y que las condiciones dominantes en un SEDS son anaeróbicas.

Para la determinación del  $DOC_f$ , las cantidades de DOC lixiviado son consideradas despreciables y no son incluidas en los cálculos, debido a que son mucho menores al uno por ciento.

### **1.6.4 Tiempo de vida medio**

Es el “tiempo necesario para que el  $DOC_m$  de los desechos se descomponga hasta la mitad de su masa inicial”. (IPCC, 2006, pág. 17). El tiempo de vida medio está estrechamente relacionado con la tasa constante de generación de metano, tal y como se puede observar en la ecuación 2.

Algunos residuos, especialmente aquellos con gran porcentaje de humedad (comida, jardín), tienen un tiempo de vida medio corto. Mientras que los residuos más secos, como la madera, paja, papel, textiles, se degradan más lentamente y por ende tienen un tiempo de vida medio mucho mayor.

### **1.6.5 Tasa constante de generación de metano (k)**

Es un valor constante para cada tipo de residuo que permite calcular su tiempo de vida medio.



## Ecuación 2. Tiempo de vida medio de descomposición

$$\text{Tiempo de vida medio} = \frac{\ln(2)}{k}$$

Los valores de k para una zona climática templada se muestran en la siguiente tabla

**Tabla 6. Valores de k para cada tipo de residuo**

Tasa constante de generación de metano (k)		
Residuos	Intervalo	Valor por defecto (1/año)
Comida	0,1 - 0,2	0,185
Jardín	0,06 - 0,1	0,1
Papel	0,05 - 0,07	0,06
Madera y paja	0,02 - 0,04	0,03
Textiles	0,05 - 0,07	0,06
Pañales desechables	0,06 - 0,1	0,1

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

### 1.6.6 Fracción de metano en el gas de vertedero generado (F)

El gas que mayormente es generado en un SEDS, como producto de la degradación de desechos orgánicos, contiene aproximadamente un 50% de gas metano; por este motivo el valor por defecto establecido por el IPCC para F es 0,5.

### 1.6.7 Tiempo de retardo

Es el tiempo que se estima en el que un desecho orgánico empieza a generar CH<sub>4</sub> luego de su disposición final, puesto que el metano no es un gas que empieza a producirse inmediatamente. El valor dictaminado por el IPCC es de 6 meses y es el tiempo que se ha utilizado en los cálculos matemáticos de esta investigación.

### 1.6.8 Masa de carbono orgánico degradable disuelto

Denominado DDOC<sub>m</sub>, es la cantidad de carbono orgánico que se descompone durante un año específico.

Se calcula, utilizando la ecuación:

### **Ecuación 3. Carbono orgánico degradable disuelto**

$$DDOC_m = W_T * DOC * DOC_f * MCF$$

Donde:

- $W_T$ : masa de residuos del año T, de acuerdo al tipo
- DOC: carbono orgánico degradable del año T
- $DOC_f$ : fracción de DOC
- MCF: factor de corrección de metano para el año T
- T: año de cálculo

### **1.6.9 Masa de carbono orgánico degradable disuelto no reaccionado**

Es la cantidad de  $DDOC_m$  que no reacciona y que queda como residuo durante el año de cálculo.

Se calcula de la siguiente manera:

### **Ecuación 4. $DDOC_m$ no reaccionado**

$$DDOC_m rem_T = DDOC_m * e^{-k*(13-M)/12}$$

Donde:

- $DDOC_m$ : masa de carbono orgánico degradable disuelto
- k: tasa constante de generación de metano
- M: tiempo de retardo + 7, en meses

### **1.6.10 Masa de carbono orgánico degradable disuelto descompuesto durante el año de deposición**

Es la cantidad de  $DDOC_m$  que se ha descompuesto totalmente al final del año de cálculo. Su ecuación es:

### **Ecuación 5. DDOC<sub>m</sub> descompuesto al final del año**

$$DDOC_m dec_T = DDOC_m * (1 - e^{-k*(13-M)/12})$$

#### **1.6.11 DOC<sub>m</sub> acumulado al final del año y DOC<sub>m</sub> descompuesto**

Los valores de DDOC<sub>m</sub>a<sub>T</sub> y DDOC<sub>m</sub>decomp<sub>T</sub> se obtienen, utilizando los resultados de las ecuaciones 4 y 5, respectivamente.

### **Ecuación 6. DOC<sub>m</sub> acumulado al final del año**

$$DDOC_m a_T = DDOC_m rem_T + (DDOC_m a_{T-1} * e^{-k})$$

### **Ecuación 7. DOC<sub>m</sub> descompuesto durante el año**

$$DDOC_m decomp_T = DDOC_m dec_T + DDOC_m a_{T-1} * (1 - e^{-k})$$

Donde:

- DDOC<sub>m</sub>a<sub>T</sub>: DDOC<sub>m</sub> acumulado en los SEDS al final del año T
- DDOC<sub>m</sub>a<sub>T-1</sub>: DDOC<sub>m</sub> acumulado en los SEDS al final del año (T-1)
- DDOC<sub>m</sub>decomp<sub>T</sub>: DDOC<sub>m</sub> descompuesto durante el año T

Para obtener el valor final de metano, se debe utilizar el valor de DOC<sub>m</sub> descompuesto, obtenido en la ecuación 7 de la página anterior.

### **Ecuación 8. Cantidad de CH<sub>4</sub> generado a partir de los residuos sólidos**

$$CH_4 generado_T = DDOC_m decomp_T * F * 16/12$$

Donde:

- CH<sub>4</sub>generado<sub>T</sub>: cantidad de metano generado a partir del DDOC<sub>m</sub> que se descompone
- F: fracción de metano en el gas de vertedero generado

- 16/12: factor de conversión de carbono a metano

Mediante la aplicación de estas ecuaciones es posible determinar la cantidad de metano generado a partir de la descomposición de los desechos orgánicos, posteriormente esta masa de CH<sub>4</sub> debe transformarse en masa de CO<sub>2</sub> eq utilizando el PCA correspondiente.

### **1.7 GEI generados por la descomposición de las aguas residuales**

Las aguas residuales pueden ser fuente de emisiones de GEI como CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en condiciones anaeróbicas.

Las descargas líquidas tienen origen doméstico, comercial e industrial y se las puede tratar in situ, transferirse por el alcantarillado a una estación central para luego darle el respectivo tratamiento o eliminar sin tratamiento por medio de desagües a un río, arroyo o lago. Las ARD son aquellas que se obtienen del resultado de aguas utilizadas en los hogares, mientras que las aguas residuales industriales se obtienen únicamente de los procesos industriales en los cuales se generan descargas líquidas.

#### **1.7.1 Tratamiento y vías de eliminación de las aguas residuales**

En lo que se refiere a la UPS-Sur, las aguas residuales son descargadas en la quebrada que se encuentra al extremo occidental del campus.



**Figura 19. Descarga final de las aguas residuales de la UPS-Sur**

Fuente: Heredia & González, 2013, pág. 96

### **1.7.2 Gas metano proveniente de las aguas residuales**

Las aguas residuales producen  $\text{CH}_4$  en condiciones anaeróbicas, la cantidad que se pueda producir de este gas depende directamente de la cantidad de materia orgánica que contenga las aguas residuales; además existe un factor importante que aumenta o disminuye el índice de producción de metano y es la temperatura, por ejemplo a temperaturas mayores a 15 grados centígrados la producción de  $\text{CH}_4$  tiende a aumentar, mientras que a temperaturas inferiores, es muy poco probable que exista producción de  $\text{CH}_4$ .

Otros dos parámetros importantes que ayudan a determinar el potencial de generación de gas metano son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Es así que en aguas donde exista mayor cantidad de estos dos parámetros, se produce en general mayor cantidad de  $\text{CH}_4$ . (IPCC, 2006, pág. 10).

### **1.7.3 Óxido nitroso proveniente de las aguas residuales**

La generación de este gas se asocia con la degradación de los componentes nitrogenados presentes en las aguas residuales, como sabemos las aguas domésticas contienen descargas de desechos humanos mezcladas con aguas servidas del hogar; estas descargas son vertidas en un medio acuoso el cual puede ser un río, lago, mar, etc. Con la presencia de nitrógeno en las aguas residuales se puede generar emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  debido a los procesos de nitrificación y desnitrificación. La primera se produce en condiciones aeróbicas y como resultado final de esta tenemos nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mientras que la desnitrificación se produce en condiciones anaeróbicas y como resultado tenemos la conversión biológica del nitrato en gas di-nitrógeno ( $\text{N}_2$ ).

El  $\text{N}_2\text{O}$  puede ser el resultado de ambos procesos en etapa intermedia, pero más a menudo resulta de la desnitrificación. (IPCC, 2006, pág. 28).

## **CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS**

La determinación de la Huella de Carbono planteada en este proyecto se realizó en base al “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero” del año 2006, mismo que está estrechamente relacionado con el ECCR, métodos internacionalmente reconocidos y aplicados en diversas empresas, agencias gubernamentales y ONGs.

Este estudio se dividió en tres fases, la primera engloba la recopilación de la información disponible en la universidad y la identificación de fuentes fijas y móviles emisoras de GEI.

La segunda abarca el cálculo matemático de la huella de carbono con la ayuda de factores de emisión, con la finalidad de transformar los combustibles, la energía e insumos en masa de dióxido de carbono equivalente. Además se desarrolló un software de cálculo que facilita el procesamiento de todos los datos obtenidos en la fase anterior.

Y por último se realiza el análisis de resultados para generar alternativas de reducción de GEI en la UPS-Sur.

La realización de un inventario de GEI para la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur, permite conocer la huella de carbono actual y además tomar medidas de control.

### **2.1 Identificación de fuentes de emisiones de GEI**

Para tener una mayor exactitud en el cálculo de la huella de carbono se procede a categorizar todas las fuentes de emisión de GEI dentro del campus sur de la UPS, para lo cual se las puede clasificar de la siguiente manera de acuerdo a la fuente.

**Tabla 7. Clasificación de las emisiones de GEI de acuerdo a la fuente**

<b>Combustión fija</b>	Se produce la combustión del combustible en equipos estacionarios o fijos (generador eléctrico, cafetería)
<b>Combustión móvil</b>	Se produce la combustión del combustible en medios de transporte (automóviles, podadoras, etc.)
<b>Emisiones de proceso</b>	Emisiones de GEI ocasionadas por la generación de electricidad.
<b>Otras emisiones</b>	Emisiones de GEI provenientes de fuentes indirectas, por ejemplo de la descomposición de residuos sólidos.

Fuente: World Business Council for Sustainable Development (2011). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*

Como se mencionó anteriormente además del CO<sub>2</sub> existen más gases considerados como GEI y cada uno de éstos tiene un potencial de calentamiento atmosférico mayor que el dióxido de carbono. De acuerdo a estudios realizados por el IPCC se los puede representar de la siguiente manera.

**Tabla 8. Potencial de calentamiento atmosférico de los GEI**

	<b>Gas</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Potencial de calentamiento IPCC 1995</b>
	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
	Metano	CH <sub>4</sub>	21
	Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310
<b>HIDROFLUOROCARBONOS</b>	HFC-23	CHF <sub>3</sub>	11700
	HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	650
	HFC-41	CH <sub>3</sub> F	150
	HFC-43-10mee	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	1300
	HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	2800
	HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> )	1000
	HFC-134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> )	1300

	HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	140
	HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F)	300
	HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> )	3800
	HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	2900
	HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	6300
	HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	560
<b>PERFLUOROCARBONOS</b>	Perfluorometano	CF <sub>4</sub>	6500
	Perfluoroetano	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9200
	Perfluoropropano	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7000
	Perfluorobutano	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	7000
	Perfluorociclobutano	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	8700
	Perfluoropentano	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	7500
	Perfluorohexano	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7400
	Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23900

Fuente: Ministerio de medio ambiente de España (2011). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España e información adicional años 1990-2009*

El valor del potencial de calentamiento atmosférico del metano es 21, lo que significa que este gas es 21 veces más potente que el CO<sub>2</sub> y por ende más perjudicial. Así mismo el poder de calentamiento del N<sub>2</sub>O es 310 veces superior al del dióxido de carbono y si mencionamos las emisiones de SF<sub>6</sub> podemos ver que éstas serían 23900 veces más nocivas.

Al realizar el cálculo de la H-C es necesario tomar en cuenta los valores de potencial de calentamiento de los GEI, con el objetivo de obtener un resultado global en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.



## 2.2 FASE I

Toda la información necesaria para la realización de esta investigación fue proporcionada por la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus sur.

Se revisó la documentación de activos fijos y memorandos del año 2012, de la cual se logró obtener:

- Facturas de consumo eléctrico del año 2012 pertenecientes al campus sur.
- Facturas de combustible utilizado.
- Facturas de insumos y equipos adquiridos durante el año base.

**Tabla 9. Consumo eléctrico de la UPS-Sur durante el año 2012**

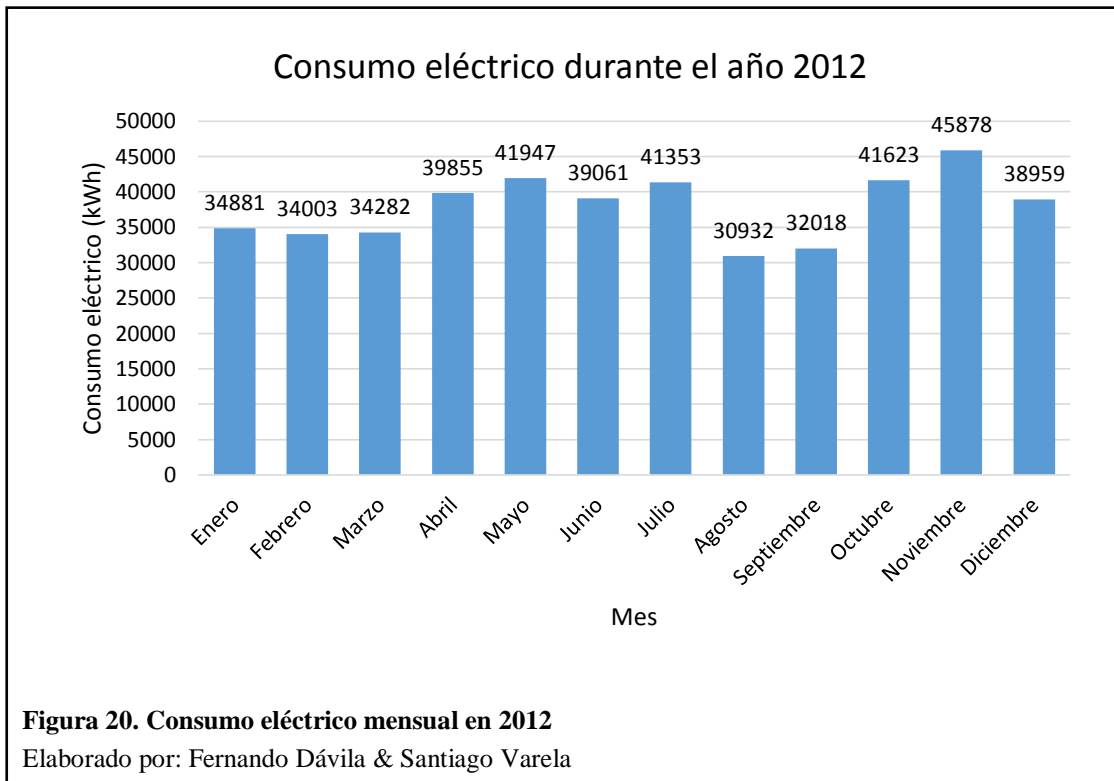
MES	CONSUMO MED. 1 (kWh)		CONSUMO MED. 2 (kWh)		OTROS (kWh)	TOTAL (kWh)
	07:00- 22:00	22:00- 07:00	07:00- 22:00	22:00- 07:00		
Enero	20855	6294	4990	1981	761	34881
Febrero	19078	6971	5039	2199	716	34003
Marzo	20308	6588	5403	1983	0	34282
Abril	23211	7355	6035	2318	936	39855
Mayo	24631	8081	6628	2607	0	41947
Junio	23291	7006	5833	2219	712	39061
Julio	24973	7741	6273	2366	0	41353
Agosto	17133	7898	3099	2090	712	30932
Septiembre	17587	6916	5348	2167	0	32018
Octubre	26866	8208	4794	1755	0	41623
Noviembre	28943	8617	6036	2282	0	45878
Diciembre	23516	7923	5257	2263	0	38959
<b>TOTAL</b>	<b>270392</b>	<b>89598</b>	<b>64735</b>	<b>26230</b>	<b>3837</b>	<b>454792</b>

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, 2013

Los datos que se muestran en la tabla anterior indican valores de consumo eléctrico de dos medidores diferentes, ambos pertenecientes a la Universidad Politécnica Salesiana. El primero con código 1239473-K se encuentra junto a la cámara de transformación cercana al bloque “A”; y el segundo identificado como el suministro 1015300-K se implantó para satisfacer las crecientes necesidades de electricidad en el campus durante los últimos años, por lo que los datos registrados en este medidor son menores que los del primero.

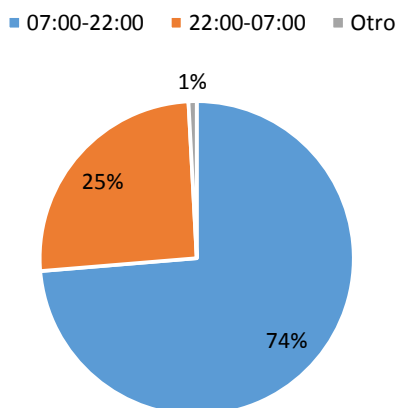
El valor total de kWh consumidos en el año 2012 fueron 454792, de los cuales se puede indicar que 335127 kWh representan el consumo eléctrico de la institución

desde las 7 de la mañana hasta las 10 de la noche, horario en el que los estudiantes, maestros y el personal administrativo realizan todas sus actividades normales; 115828 kWh, corresponden al consumo entre las 10 pm y las 7 am, y la pequeña diferencia faltante, es decir 3837 kWh es el valor de energía que se consumió mientras se encontraba en funcionamiento la escuela Rafael Buchelli, lugar dónde varios estudiantes de la UPS recibían clases.



En la figura 21 se indica que la cuarta parte del consumo eléctrico total de la UPS-Sur se realiza en la noche y madrugada desde las 22:00 hasta las 07:00.

### Consumo eléctrico durante 2012, según horario de medición



**Figura 21. Consumo eléctrico de acuerdo a horario de medición**

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

**Tabla 10. Consumo de combustible en la UPS-Sur durante el 2012**

MES	CANTIDAD	COMBUSTIBLE	VALOR TOTAL (\$)
Diciembre	200 gal	<b>Diésel</b>	300,00
Marzo	200 gal		300,00
<b>TOTAL</b>	<b>400 gal</b>		<b>600,00</b>
Todo el año	100 gal	<b>Gasolina</b>	200,00
<b>TOTAL</b>	<b>100 gal</b>		<b>200,00</b>
Todo el año	265	<b>Gas Doméstico</b>	463,75
<b>TOTAL</b>	<b>265</b>		<b>463,75</b>

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador (2013)

El uso de combustibles fósiles en el campus se debe principalmente a la generación de electricidad, a la preparación de alimentos y a la utilización de equipos de poda. Para la primera actividad se requiere estrictamente de diésel, mismo que permite el funcionamiento de los generadores eléctricos que abastecen de energía al campus sur, en caso de que ocurra un apagón; la preparación de alimentos requiere únicamente de gas doméstico (tanques de gas doméstico de 15 kilogramos) y se lleva a cabo en la cafetería del campus; finalmente las podas de la vegetación que crece en las áreas verdes, se realizan una vez durante el verano y semanalmente en el invierno. Los

equipos de corte empleados son: podadoras aéreas, podadoras tractor y moto guadañas, que dependen de gasolina para poder operar.

Durante el año base la UPS-Sur adquirió varios bienes materiales que son considerados en los cálculos; de todos los artículos que se mencionan en la tabla 11, se ha considerado uno en especial debido a su gran cantidad y por tener un factor de emisión relativamente alto, puesto que éste influirá en el valor final de la huella de carbono.

**Tabla 11. Inventario de artículos adquiridos por la UPS-Sur en 2012**

CANTIDAD	ÍTEM
1	Atornillador
2	Balanzas
10	Banda de Registro
4	Bandeja Metálica
8	Batería
10	Bisturí
20	Breaker
4	Broca
1	Broca Diamantada
1	Cable USB a Serial
1	Caja Amplificadora
3	Caja Jabón Líquido
1	Caja toallas Scott
49	Cámara
2	Cámara Sony
2	Cargador para robotino
27	Carpeta Oficio
1	Carretilla Hidráulica
5	Case Hurricane
1	Casuela de Ensayos
1	Compresómetro-Extensómetro
56	Computador
3	Computador portátil
4	CPU Intel core I7
3	Cuchilla Estilete
20	Dinamómetro
7	Disco Duro

8	Dispensador de aroma
2	Dispensador Jabón
1	Dispensador Papel
2	Dispensador Toallas
5	DVD Writer
1	Escáner HP
3	Escoba
1	Espiraladora
1	Esterilizadora
1	Estetoscopio
6	Eternit
20	Foco Ahorrador
20	Foco para Exterior
1	Fonendoscopio
8	Frasco Ámbar
8	Frasco Destapador Cañerías
3	Frasco Pega
10	Galón Vacío
2	Impresora EPSON
5	Impresora HP
5	Interruptor
1	Jeringuilla
1250	Juego de mesas y sillas
60	Juego mesas y sillas
5	Kit Teclado-Mouse
10	Lámpara Tubular
5	Lector de Memoria
1	Lenovo Thinkpad
6	Llave Manguera
10	Luz Piloto
15	Maceta
5	Mainboard
1	Martillo
5	Memoria Kingston 4 GB
2	Memoria RAM
48	Mesa
1	Mini Mouse
1	Mochila
4	Molde Metálico

10	Monitor LCD
1	Monitor Video
1	Motor Extractor
2	Mueble
1	Mueble (división modular)
4	Mueble Biblioteca
2	Negatoscopio
1	Notebook
8	Par Guantes
10	Pesa de Ranura
8	Pesas de Ensayo
15	Pipeta 2 ml
2	Pizarrón
10	Platillo de Pesas
24	Platina
4	Plato Perforado
1	Porta Espejo
5	Procesador
39	Proyector Infocus
10	Pulsador Lumino
2	Radiograbadora Sony
2	Regulador de voltaje
10	Rele Térmico Diferencial
40	Rollo Papel Higiénico
67	Silla
1	Sobre Petrifilm
1	Sobre Petrifilm Coliformes
1	Sobre Petrifilm Mohos
1	Sonda
10	Soporte Dinamómetro
1	Taburete
4	Taimer Reloj
3	Tamiz
1	Tanque de Oxígeno
5	Tarjeta de Video
1	Tensiómetro
8	Termómetro
6	Tijera
15	Toner HP

6	Toner Samsung
3	Trípode Variable
2	Tripplite notebook cooling pad
23	Tubo Cuadrado
50	Tubo Fluorescente
2	Vitrina

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador (2013)

Los datos de generación de residuos sólidos y descargas líquidas del campus, se obtuvieron de una investigación llevada a cabo durante el año 2012; y se muestran a continuación.

**Tabla 12. PPC de aguas residuales de la UPS-Sur**

DETALLE	VALOR	UNIDAD
Promedio caudal	0,944	L/s
Caudal diario	81.583,2	L/día
Población universitaria total (estudiantes y administrativos)	3870	individuos
PPC Aguas Residuales	21,08	L/individuo*día
DBO <sub>5</sub>	352,3	mg/L

Fuente: Heredia & González (2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*, pág. 129

**Tabla 13. Generación promedio diaria de residuos sólidos de la UPS-Sur**

Área identificada	Pesaje 1 (kg/día)	Pesaje 2 (kg/día)	Pesaje 3 (kg/día)	Pesaje 4 (kg/día)	PROMEDIO (kg/día)
Área académica	25,35	30,05	26,80	30,26	28,12
Área administrativa	2,88	2,10	3,08	2,47	2,63
Área libre	5,76	6,55	4,72	5,92	5,74
Área cafetería	49,20	45,00	42,54	34,64	42,85
Área específica	0,75	1,02	0,96	0,76	0,87
<b>Generación Total Promedio de Residuos Comunes</b>					<b>80,20</b>

Fuente: Heredia & González (2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*, pág. 121

**Tabla 14. PPC de residuos sólidos en la UPS-Sur.**

ÁREA IDENTIFICADA DENTRO DE LA UPS		Generación Promedio (kg/día)	Generación Estudiantes (kg)	Generación Administrativos (Kg)	PPC Estudiantes	PPC administrativos
Uso Estudiantes	ÁREA ACADÉMICA	28,1155	28,1155	0,0000	0,0077	0,0000
Uso Administrativos	ÁREA ADMINISTRATIVA	2,6335	0,0000	2,6335	0,0000	0,0114
Uso compartido (5,97% Administrativos-94,03% Estudiantes)	ÁREA LIBRE	5,7375	5,3950	0,3425	0,0015	0,0015
Uso compartido (5,97% Administrativos-94,03% Estudiantes)	ÁREA CAFETERÍA	42,8458	40,2883	2,5575	0,0111	0,0111
Uso compartido (5,97% Administrativos-94,03% Estudiantes)	ÁREA ESPECÍFICA	0,8717	0,8196	0,0520	0,0002	0,0002
<b>PPC TOTAL (Kg)</b>					0,0205	0,0242
<b>PPC TOTAL(g)</b>					20,5052	24,1795

Fuente: Heredia & González (2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*, pág. 122

Gracias al *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus sur* de Heredia & González, es posible conocer la composición típica general de los residuos sólidos. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 15. Composición típica general de los residuos sólidos comunes generados por todas las áreas de la UPS-Sur.**

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	GENERAL UPS-Sur			
		Peso Bruto (Kg)	Peso Tara (kg)	Peso Neto (Kg)	%
Papel	Cartón/Fundas papel	44,68	34,20	10,48	2,62
	Tetra Pack	23,27	20,90	2,37	0,59
	Periódico	16,10	15,20	0,90	0,22
	Papel de Oficina/High Grade	49,74	32,30	17,44	4,36
	Papel mezclado	48,80	36,10	12,70	3,18
	Papel de baño	23,34	3,80	19,54	4,89



	<b>TOTAL PAPEL</b>	<b>205,93</b>	<b>142,50</b>	<b>63,43</b>	<b>15,87</b>
<b>Vidrio</b>	Botellas claras y recipientes	43,77	22,80	20,97	5,25
	Botellas de color	11,60	7,60	4,00	1,00
	Vidrio plano	0,02	0,00	0,02	0,01
	Resto/Mezclado	4,31	3,80	0,51	0,13
	<b>TOTAL VIDRIO</b>	<b>59,70</b>	<b>34,20</b>	<b>25,50</b>	<b>6,38</b>
<b>Metal</b>	Latas estaños/acero	8,24	7,60	0,64	0,16
	Otros Ferrosos	0,00	0,00	0,00	0,00
	Latas de Aluminio	14,13	13,30	0,83	0,21
	Otros no ferrosos	0,00	0,00	0,00	0,00
	Resto/mezclado	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>TOTAL METAL</b>	<b>22,36</b>	<b>20,90</b>	<b>1,46</b>	<b>0,37</b>
<b>Plástico</b>	PET (1)	89,80	56,50	33,30	8,33
	HDPE Natural (2)	8,49	7,10	1,39	0,35
	HDPE Color (2)	53,69	44,20	9,49	2,37
	PVC (3)	45,11	39,00	6,11	1,53
	Fundas plásticas/LDPE (4)	60,62	48,70	11,92	2,98
	PP (5)	44,28	39,00	5,28	1,32
	PS (6)	55,28	46,80	8,48	2,12
	Otra Composición (7)	0,02	0,00	0,02	0,01
	Sachets	54,02	46,10	7,92	1,98
	Engineered plastics (Eje. computador, impresoras)	3,48	2,60	0,88	0,22
	<b>TOTAL PLÁSTICO</b>	<b>414,79</b>	<b>330,00</b>	<b>84,79</b>	<b>21,22</b>
<b>Otros Orgánicos</b>	Cocina/Comida	214,22	28,50	185,72	46,47
	Jardín/Áreas verdes	23,52	3,80	19,72	4,93
	Madera	0,00	0,00	0,00	0,00
	Textiles	6,05	5,70	0,35	0,09
	Cuero	0,00	0,00	0,00	0,00
	Caucho	4,56	3,80	0,76	0,19
	Resto de Animales	0,00	0,00	0,00	0,00
	Resto/Mezclado Orgánicos	24,44	19,00	5,44	1,36
	<b>TOTAL OTROS ORGÁNICOS</b>	<b>272,79</b>	<b>60,80</b>	<b>211,99</b>	<b>53,05</b>
<b>Otros Inorgánicos</b>	Rocas/Concreto/Ladrillo	0,00	0,00	0,00	0,00

	Cerámica/Piedra	0,00	0,00	0,00	0,00
	Asfalto	0,00	0,00	0,00	0,00
	Suelo/Arena	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ceniza	0,00	0,00	0,00	0,00
	Resto/Mezclado Inorgánicos	32,82	20,90	11,92	2,98
	<b>TOTAL OTROS INORGÁNICOS</b>	<b>32,82</b>	<b>20,90</b>	<b>11,92</b>	<b>2,98</b>
<b>Peligrosos</b>	Pintura	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aceite/Filtros de Aceite	0,00	0,00	0,00	0,00
	Baterías	0,02	0,00	0,02	0,01
	Otros	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>TOTAL PELIGROSOS</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>Especiales</b>	Residuos Médicos	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aparatos Electrónicos	2,42	1,90	0,52	0,13
	<b>TOTAL ESPECIALES</b>	<b>2,42</b>	<b>1,90</b>	<b>0,52</b>	<b>0,13</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1010,82</b>	<b>611,20</b>	<b>399,62</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Heredia & González (2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*, pág. 151

“La composición de residuos sólidos comunes generados por toda la comunidad universitaria en las diferentes áreas donde la población realiza sus actividades diarias tanto estudiantes como el personal administrativo, muestra que el mayor contenido es una fracción orgánica.” (Heredia & González, 2013, pág. 151).

Los resultados muestran que los residuos de cocina y comida son los de mayor relevancia, puesto que alcanzan un 46,47% del total de residuos generados en todas las áreas del campus. En segundo lugar, los diferentes tipos de plástico representan el 21,22%, y el papel le sigue con un valor de 15,87%. La diferencia corresponde a materiales como: vidrio, metal, otros orgánicos, otros inorgánicos, residuos especiales y peligrosos.

Otro resultado importante de este estudio es que se logró obtener un valor de 80,20 kg/día de residuos sólidos comunes y 500 kg/mes de residuos de jardinería y poda.” (Heredia & González, 2013). Los residuos de poda son incinerados de manera controlada dentro de la UPS-Sur.

## 2.3 FASE II

Para realizar el cálculo de huella de carbono se aplica factores de emisión documentados y confiables determinados por varias entidades, como por ejemplo: el IPCC, la comisión europea y algunos ministerios; también es posible utilizar inventarios nacionales de GEI de varios países e informes anuales de uso de energía.

El protocolo de gases de efecto invernadero exige establecer un año base la primera vez que se determina la huella de carbono, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en cálculos futuros con dicho valor. Para este estudio el año base es el año 2012.

También es importante señalar que el cálculo de la H-C se debe realizar anualmente por la organización y se debe corroborar con el valor obtenido en el año base, para verificar si el valor de la huella de carbono ha aumentado, ha disminuido o se ha mantenido.

### 2.3.1 Determinación de Scope 1

Los factores de emisión de los combustibles utilizados en la UPS-Sur se muestran a continuación.

**Tabla 16. Factores de emisión de combustibles en kg CO<sub>2</sub>/TJ**

Combustible	F-E (kg CO <sub>2</sub> /TJ)
Diésel	74 100
Gasolina	69 300
Gas licuado de petróleo	63 100

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, pág. 18

Para realizar el cálculo del Scope 1 es necesario transformar las unidades de los factores de emisión, como se muestra a continuación.

**Tabla 17. Transformación de los F-E de kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> a t CO<sub>2</sub>/L**

Combustible	F-E (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	F-E (t CO <sub>2</sub> /L)
Diésel	2 677	2,677 x 10 <sup>-3</sup>
Gasolina	2 242	2,242 x 10 <sup>-3</sup>
Gas licuado de petróleo	1 642	1,642 x 10 <sup>-3</sup>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Para transformar el número de tanques de GLP de masa a volumen, se debe utilizar el valor de su densidad que es 550 kg/m<sup>3</sup>.

Así tenemos:

$$\left\langle 265 \text{ tanques de GLP} \left| \frac{15 \text{ kg}}{1 \text{ tanque de GLP}} \right. \right\rangle = 3975 \text{ kg}$$

Utilizando la fórmula de la densidad:

$$\boxed{\rho = \frac{m}{V} \quad ; \quad V = \frac{m}{\rho}}$$

$$\rightarrow V = \frac{3975 \text{ kg}}{550 \text{ kg}/\text{m}^3} = 7,227 \text{ m}^3$$

$$V = 7,227 \text{ m}^3 \left( \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) = 7227 \text{ L}$$

Para transformar de unidades la gasolina y el diésel de la tabla 10 únicamente se realiza la siguiente operación matemática.

- Para el diésel:

$$\left\langle 400 \text{ gal} \left| \frac{3,78 \text{ L}}{1 \text{ gal}} \right. \right\rangle = 1512 \text{ L}$$

- Para la gasolina:

$$\left\langle 100 \text{ gal} \left| \frac{3,78 \text{ L}}{1 \text{ gal}} \right. \right\rangle = 378 \text{ L}$$

Usando la ecuación 1, mostrada en la página 6 de este documento, es posible obtener un valor en toneladas de dióxido de carbono equivalente. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla 18. Transformación de litros de combustible a t CO<sub>2</sub>**

Combustible	Volumen (L)	F-E (t CO <sub>2</sub> /L)	t CO <sub>2</sub>
Diésel	1512	2,676 x 10 <sup>-3</sup>	4,05
Gasolina	378	2,241 x 10 <sup>-3</sup>	0,85
GLP	7227	1,642 x 10 <sup>-3</sup>	11,87

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Además de las emisiones de CO<sub>2</sub> es también necesario obtener un valor en toneladas de los otros dos GEI importantes en el Ecuador, que son: el metano y el óxido nitroso. Para esto también se utilizan F-E documentados del IPCC, tal y como se puede visualizar en los anexos 5 y 6 de este trabajo de investigación.

**Tabla 19. Factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O**

Combustible	Factor de emisión (kg/TJ)	
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Diésel	3	0,6
Gasolina	3,8	5,7
GLP	5	0,1

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

Para realizar el cálculo se necesita conocer también el poder calorífico inferior de los combustibles utilizados en la UPS-Sur.

**Tabla 20. PCI y densidad de combustibles usados en la UPS-Sur**

Combustible	PCI (kcal/kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
GLP	11300	550
Diésel	10273	840
Gasolina	10583	730

Fuente: Ministerio de energía de Chile (2013). *Factores de emisión de CO<sub>2</sub> de los combustibles más utilizados en Chile*

Para realizar la transformación de volumen de combustible empleado en el año 2012 a toneladas de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se realiza los siguientes cálculos, tomando en cuenta que:

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ} \quad \text{y} \quad 1 \text{ kJ} = 1 \times 10^{-9} \text{ TJ}$$

- Para el diésel:

$$10273 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \left| \frac{840 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right| \left| \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right| = 8629,32 \frac{\text{kcal}}{\text{L}}$$

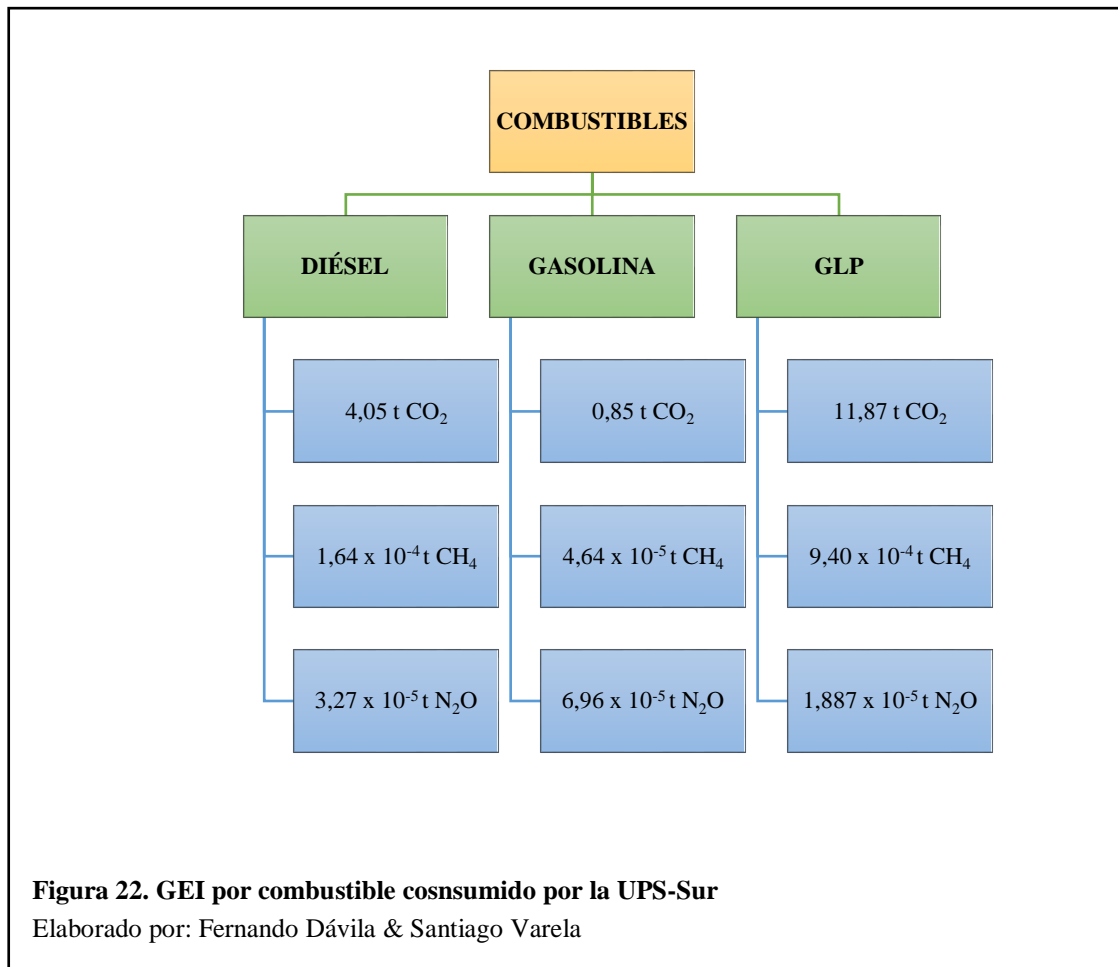
$$8629,32 \frac{\text{kcal}}{\text{L}} \left| \frac{4,1868 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \right| \left| \frac{1 \times 10^{-9} \text{ TJ}}{1 \text{ kJ}} \right| = 3,613 \times 10^{-5} \frac{\text{TJ}}{\text{L}}$$

Usando la ecuación 1 y transformando las unidades, se puede obtener un valor en toneladas, tanto de metano como de óxido nitroso.

$$\rightarrow 3,613 \times 10^{-5} \frac{\text{TJ}}{\text{L}} \left| \frac{3 \text{ kg CH}_4}{\text{TJ}} \right| \left| \frac{1512 \text{ L}}{1} \right| \left| \frac{1 \text{ t CH}_4}{1000 \text{ kg CH}_4} \right| = 1,64 \times 10^{-4} \text{ t CH}_4$$

$$\rightarrow 3,613 \times 10^{-5} \frac{\text{TJ}}{\text{L}} \left| \frac{0,6 \text{ kg N}_2\text{O}}{\text{TJ}} \right| \left| \frac{1512 \text{ L}}{1} \right| \left| \frac{1 \text{ t N}_2\text{O}}{1000 \text{ kg N}_2\text{O}} \right| = 3,27 \times 10^{-5} \text{ t N}_2\text{O}$$

Realizando el procedimiento anterior para la gasolina y el GLP se obtiene también sus valores en toneladas de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, estos resultados se presentan a continuación.



La manera de transformar las toneladas de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a t CO<sub>2</sub> equivalente es utilizando los valores de potencial de calentamiento atmosférico de la tabla 8. Para lo cual se puede plantear la siguiente fórmula:

**Ecuación 9. Transformación de GEI a CO<sub>2</sub> eq**

$$\text{toneladas CO}_2 \text{ eq} = \text{toneladas GEI} \times \text{PCA}$$

Donde:

Toneladas de GEI: son los valores totales de cualquier GEI.

PCA: es el potencial de calentamiento atmosférico específico de cada GEI.

Los valores de esta multiplicación se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 21. Transformación a CO<sub>2</sub> eq por combustible**

DIÉSEL								
t CO <sub>2</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t CH <sub>4</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t N <sub>2</sub> O	PCA	t CO <sub>2</sub> eq
4,05	1	4,05	1,64x10 <sup>-4</sup>	21	3,44x10 <sup>-3</sup>	3,27x10 <sup>-5</sup>	310	0,01
GASOLINA								
t CO <sub>2</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t CH <sub>4</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t N <sub>2</sub> O	PCA	t CO <sub>2</sub> eq
0,85	1	0,85	4,64x10 <sup>-5</sup>	21	9,74x10 <sup>-4</sup>	6,96x10 <sup>-5</sup>	310	0,022
GAS LICUADO DE PETRÓLEO								
t CO <sub>2</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t CH <sub>4</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t N <sub>2</sub> O	PCA	t CO <sub>2</sub> eq
11,87	1	11,87	9,40x10 <sup>-4</sup>	21	0,019	1,89x10 <sup>-5</sup>	310	5,86x10 <sup>-3</sup>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Finalmente se puede obtener un valor global de las emisiones de dióxido de carbono del Scope 1.

**Tabla 22. Scope 1 de la UPS-Sur 2012**

COMBUSTIBLE	SUMA	TOTAL (t CO <sub>2</sub> eq)
<b>Diésel</b>	4,05+3,44x10 <sup>-3</sup> +0,01	4,06
<b>Gasolina</b>	0,85+9,74x10 <sup>-4</sup> +0,022	0,87
<b>GLP</b>	11,87+0,019+5,86x10 <sup>-3</sup>	11,89
<b>SCOPE 1</b>		<b>16,82</b>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Como se puede observar, el Scope 1 de la UPS-Sur para el año 2012 es 16,82 toneladas de dióxido de carbono equivalente.

### 2.3.2 Determinación de Scope 2

El valor total de kWh consumidos en el año 2012 por la UPS-S fueron 454792. De acuerdo al informe del año 2012 denominado *Factor de emisión del sistema nacional*



*interconectado al año 2012* desarrollado conjuntamente por: CONELEC, CENACE, MAE y el Ministerio de electricidad y energía renovable del Ecuador, se concluyó que: “El factor de emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado al año 2012, del margen combinado para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos es de 0,4597 tCO<sub>2</sub>/MWh.” (CONELEC, 2012, pág. 22).

Puesto que el F-E anterior se encuentra en tCO<sub>2</sub>/MWh es importante transformar las unidades del consumo energético de la UPS-Sur a MWh. Se lo realiza de la siguiente manera:

$$\left\langle \frac{454792 \text{ kWh}}{1} \mid \frac{1 \text{ MWh}}{1000 \text{ kWh}} \right\rangle = 454,792 \text{ MWh}$$

La conversión de MWh a toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 23. Transformación de kWh a t CO<sub>2</sub>**

CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL (MWh)	FACTOR DE EMISIÓN (tCO <sub>2</sub> /MWh)	SCOPE 2 (t CO <sub>2</sub> eq)
454792	454,792	0,4597	<b>209,0678</b>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Como se puede observar el Scope 2 de la UPS-Sur para el año 2012 es 209,07 toneladas de dióxido de carbono.

### 2.3.3 Determinación de Scope 3

La realización del Scope 3 consta de la suma de las cantidades de dióxido de carbono equivalente, generadas por las actividades más relevantes llevadas a cabo durante el año 2012. Así pues se toma en cuenta:

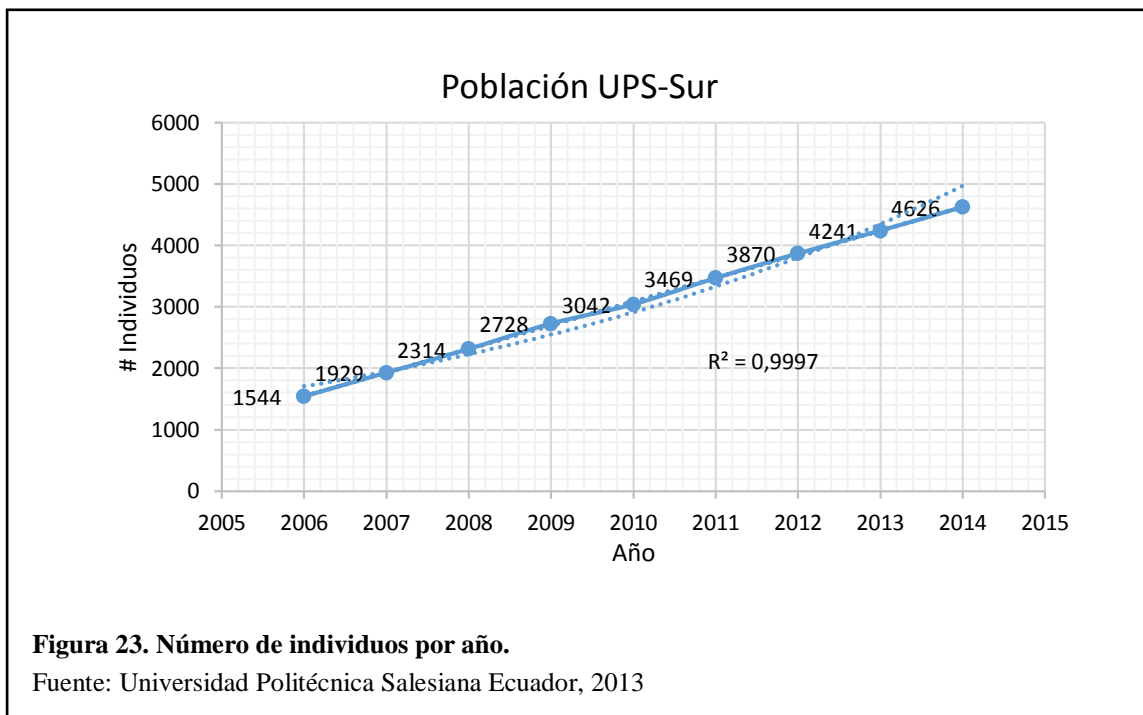
- Eliminación de residuos sólidos
- Eliminación de aguas residuales
- Insumos

- Construcción del edificio “Bloque G” y del nuevo auditorio

### 2.3.3.1 Eliminación de residuos sólidos

El cálculo de metano a partir de la descomposición de residuos orgánicos, se realiza en base al método de descomposición de primer orden del IPCC.

Para lograr transformar la masa de residuos sólidos orgánicos a masa de CO<sub>2</sub> eq, es necesario conocer la cantidad de individuos que se encuentran generando dicha cantidad de residuos.



Con ayuda del valor de la PPC, es posible determinar la cantidad de residuos producidos por año; y con los porcentajes obtenidos en la caracterización, se puede calcular los kilogramos anuales de cada categoría, tal y como se muestra en la tabla 25.

Las “directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 sobre Desechos” indica algunos valores por defecto indispensables para esta investigación, dichos valores se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 24. Valores por defecto planteados por el IPCC.**

<b>Carbono orgánico degradable (DOC)</b>		
<b>Residuos</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Valor por defecto</b>
Comida	0,08 - 0,20	0,15
Jardín	0,18 - 0,22	0,2
Papel	0,36 - 0,45	0,4
Madera y paja	0,39 - 0,46	0,43
Textiles	0,20 - 0,40	0,24
Pañales desechables	0,18 - 0,32	0,24
<b>Tasa constante de generación de metano (k)</b>		
<b>Residuos</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Valor por defecto (1/año)</b>
Comida	0,1 - 0,2	0,185
Jardín	0,06 - 0,1	0,1
Papel	0,05 - 0,07	0,06
Madera y paja	0,02 - 0,04	0,03
Textiles	0,05 - 0,07	0,06
Pañales desechables	0,06 - 0,1	0,1
<b>Fracción de carbono orgánico que se descompone (DOCf)</b>		
<b>Residuos</b>		0,5
<b>Tiempo de retardo</b>		
<b>Residuos</b>		6 meses
<b>Fracción de metano en el gas generado (F)</b>		
<b>Residuos</b>		0,5
<b>Factor de conversión (C a CH<sub>4</sub>)</b>		
<b>Residuos</b>		<b>Valor por defecto</b>
		1,33

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

**Tabla 25. Composición anual de los residuos sólidos comunes.**

		<b>RESIDUOS SÓLIDOS COMUNES</b>							
<b>Año</b>	<b># individuos</b>	<b>COMIDA (kg/año)</b>	<b>JARDÍN (kg/año)</b>	<b>PAPEL (kg/año)</b>	<b>MADERA (kg/año)</b>	<b>TEXTILES (kg/año)</b>	<b>PAÑALES (kg/año)</b>	<b>INERTES (kg/año)</b>	<b>TOTAL (kg/año)</b>
2006	1544	2949,97	303,11	974,97	0,00	5,38	0,00	1909,36	<b>6142,79</b>
2007	1929	3686,22	378,76	1218,30	0,00	6,72	0,00	2385,90	<b>7675,90</b>
2008	2314	4422,47	454,41	1461,64	0,00	8,07	0,00	2862,44	<b>9209,02</b>
2009	2728	5212,79	535,62	1722,84	0,00	9,51	0,00	3373,97	<b>10854,73</b>
2010	3042	5812,80	597,27	1921,14	0,00	10,60	0,00	3762,33	<b>12104,14</b>
2011	3469	6628,73	681,11	2190,81	0,00	12,09	0,00	4290,44	<b>13803,18</b>
2012	3870	7394,98	759,84	2444,06	0,00	13,49	0,00	4786,39	<b>15398,76</b>
2013	4241	8103,71	832,67	2678,30	0,00	14,78	0,00	5245,12	<b>16874,58</b>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

**Tabla 26. Obtención de resultado de gas metano**

<b>AÑO</b>	<b>TIPO RESIDUO</b>	<b>Tiempo de vida medio (años)</b>	<b>exp1</b>	<b>Inicio de proceso de deposición</b>	<b>exp2</b>	<b>DOC que se puede descomponer (DDOCm)</b>	<b>DDOCm no reaccionado</b>	<b>DDOCm descompuesto (año deposición)</b>	<b>DDOCm acumulado al final del año</b>	<b>DDOCm descompuesto</b>	<b>CH<sub>4</sub> generado (kg)</b>
<b>2012</b>	<b>COMIDA</b>	3,75	0,83	13,00	1,00	391,01	391,01	0	1293,09	183,32	122,21
	<b>JARDÍN</b>	6,93	0,90	13,00	1,00	53,57	53,57	0	208,86	16,33	10,89
	<b>PAPEL</b>	11,55	0,94	13,00	1,00	344,61	344,61	0	1463,97	69,22	46,14
	<b>MADERA Y PAJA</b>	23,10	0,97	13,00	1,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	<b>TEXTILES</b>	11,55	0,94	13,00	1,00	1,14	1,14	0	4,85	0,23	0,15
	<b>PAÑALES DESECHABLES</b>	6,93	0,90	13,00	1,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>											<b>179,39</b>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Es necesario señalar que no se utiliza la representación de “1 año = 365 días”, debido que la generación de residuos sólidos en la UPS-Sur se realiza únicamente durante los días laborables del campus, por lo que se toma el valor de “1 año = 192 días”.

Finalmente se transforma la cantidad de metano obtenida a toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, para lo cual se debe multiplicar el valor obtenido en la tabla anterior por el PCA del gas metano, obteniendo así:

$$t \text{ CO}_2 \text{ eq} = \frac{179,39(21)}{1000} = 3,77 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ eq}$$

### 2.3.3.2 Descargas líquidas

Las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la UPS-Sur se las ha calculado con la siguiente ecuación:

#### Ecuación 10. CH<sub>4</sub> proveniente de las aguas residuales

$$Emisiones = \left[ \sum_{i,j} (U_i * T_{i,j} * EF_j) \right] * (TOW - S) - R$$

Donde:

- Emisiones de CH<sub>4</sub>: emisiones de metano durante el año de cálculo
- TOW: total de materia orgánica en las aguas residuales
- S: componente orgánico separado como lodo
- U<sub>i</sub>: Población
- T<sub>i,j</sub>: grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación
- i: grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos.
- j: cada vía o sistema de tratamiento/eliminación
- EF<sub>j</sub>: factor de emisión, kg de CH<sub>4</sub>/kg de DBO<sub>5</sub>
- R: cantidad de metano recuperado

En primer lugar se halla el TOW que es la cantidad total de materia orgánica degradable presente en las aguas residuales.

### **Ecuación 11. Total de materia orgánica en las aguas residuales**

$$TOW = P * DOB * 0,001 * 192$$

Dónde:

- P: Población
- DOB: DOB<sub>5</sub> per cápita
- 0,001: conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO

Se usa el valor de 192 debido a que son los días al año que se realizan actividades normales dentro de la UPS-Sur.

En segundo lugar para calcular el factor de emisión de CH<sub>4</sub> para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas se tiene la siguiente ecuación:

### **Ecuación 12. Factor de emisión, kg de CH<sub>4</sub>/kg de DBO**

$$EFj = Bo * MCFj$$

Dónde:

- EFj: factor de emisión, kg de CH<sub>4</sub>/kg de DBO
- Bo: capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub>.
- MCFj: factor corrector para el metano.

Según las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, Volumen 6 sobre tratamiento y eliminación de aguas residuales, se indica algunos valores importantes los cuales se debe seguir para poder calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. A continuación se detallarán estos valores en la siguiente tabla.

**Tabla 27. Valores por defecto para CH<sub>4</sub> proveniente de descargas líquidas**

<b>Emisiones de CH<sub>4</sub></b>		
<b>Capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> (Bo)</b>		
Aguas Residuales	valor por defecto	
Domésticas	0,6	
<b>Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domésticas</b>		
Tipo de vía de eliminación	MCF 1	Intervalo
Sin tratamiento	0,1	0 – 0,2
Eliminación en quebrada		
<b>Valores para la urbanización (U), grado de utilización de la vía del tratamiento (Ti,j)</b>		
	Vía del tratamiento (Ti,j)	
	Urbanización(Ui)	U=urbana de ingresos bajos
País	Urbana baja	Otro
Ecuador	0,20	0,80
<b>Factor de corrección para DBO</b>		
No recolectado	1,00	

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

Además es necesario saber el valor de DBO<sub>5</sub> de la UPS-Sur, por lo que se analiza la tabla 12.

Se halla el DBO per cápita (g/persona\*día) de la siguiente manera:

$$DBO \text{ per cápita} = \frac{352,3 \text{ mg de DBO/L} * (81583,2 \text{ L/día})}{3870 \text{ individuos}}$$

$$DBO \text{ per cápita} = 7426,811 \frac{\text{mg de DBO}}{\text{individuo} * \text{día}}$$

$$DBO \text{ per cápita} = 7,426811 \frac{\text{g de DBO}}{\text{individuo} * \text{día}}$$

Ahora se calcula el TOW usando la ecuación 11 de la página 59.

$$TOW = 3870 \text{ individuos} * 7,426811 \frac{\text{g de DBO}}{\text{individuo} * \text{día}} * (0,001) * \frac{192 \text{ días}}{1 \text{ año}}$$



$$TOW = 5518,41 \frac{Kg \text{ de DBO}}{\text{año}}$$

A continuación, para poder hallar el EFj se procede a utilizar la ecuación 12 y los valores de la tabla 27, así:

$$EFj = 0,6 \frac{kg \text{ de CH}_4}{kg \text{ de DBO}} * (0,1)$$

$$EFj = 0,06 \frac{kg \text{ de CH}_4}{kg \text{ de DBO}}$$

Finalmente utilizando la ecuación 10, se calcula las emisiones de CH<sub>4</sub>.

$$Emisiones = \left[ (0,20 * 0,80 * 0,06 \frac{kg \text{ de CH}_4}{kg \text{ de DBO}} \right] * \left( 5518,41 \frac{Kg \text{ de DBO}}{\text{año}} - 0 \right) - 0$$

$$Emisiones = 0,0529767 \frac{t \text{ de CH}_4}{\text{año}}$$

Para transformar el resultado anterior a toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente se debe realizar una multiplicación según el potencial de calentamiento atmosférico del gas metano.

$$Emisiones = 0,0529767 \frac{t \text{ de CH}_4}{\text{año}} * \left( \frac{21 t \text{ CO}_2 \text{ eq}}{1 t \text{ de CH}_4} \right)$$

$$Emisiones \text{ totales} = 1,1125 \frac{t \text{ de CO}_2 \text{ eq}}{\text{año}}$$

Para calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O se usa la siguiente ecuación, la cual está estipulada en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, Volumen 6 sobre tratamiento y eliminación de aguas residuales.

### **Ecuación 13. N<sub>2</sub>O proveniente de las aguas residuales**

$$Emisiones = N \text{ efluente} * EF \text{ efluente} * 44/28$$

Dónde:

- Emisiones: emisiones de N<sub>2</sub>O durante el año de cálculo
- N efluente: nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/ año.
- EF efluente: factor de emisión para las emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de la eliminación en aguas servidas, kg de N<sub>2</sub>O/kg de N.

El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg de N<sub>2</sub>O-N en kg de N<sub>2</sub>O.

En lo que concierne a la elección del factor de emisión para N<sub>2</sub>O, tenemos por defecto el valor del IPCC para aguas servidas domésticas con efluentes con nitrógeno, éste es 0,005 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N

Para poder calcular N efluente se procede a utilizar la siguiente ecuación:

### **Ecuación 14. Masa de nitrógeno en el efluente**

$$N \text{ efluente} = (P * Proteína * Fnpr * Fnon - con * Find - com) - N \text{ lodo}$$

Dónde:

- P: población (individuos)
- Proteína: consumo per cápita anual de proteínas, kg/individuos\*año.
- F npr: fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0,16, kg de N/kg de proteína.
- F non-con: factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales.
- F ind-com: factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado.
- N lodo = nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto = 0), kg de N/año.

La siguiente tabla muestra algunos valores por defecto del IPCC para emisiones de N<sub>2</sub>O, los cuales son relevantes para el cálculo de las emisiones de aguas residuales.

**Tabla 28. Valores por defecto para N<sub>2</sub>O provenientes de las aguas residuales**

Emisiones de N <sub>2</sub> O			
Factor de emisión	Descripción	Valor por defecto	Intervalo
<b>Proteína</b>	Consumo anual de proteína per cápita	0,057	± 10 %
<b>F<sub>NPR</sub></b>	Fracción de nitrógeno contenido en la proteína	0,16	0,15 – 0,17
<b>F<sub>NON-CON</sub></b>	Factor de ajuste para la proteína no consumida	1,4 para los países con eliminación de basura	1,0 – 1,5
<b>F<sub>IND-COM</sub></b>	Factor introducido para tomar en cuenta las co-descargas de nitrógeno industrial en los alcantarillados.	1,25	1,0 – 1,5
<b>E<sub>EFLUENTE</sub></b>	Factor de emisión, (kg. de N <sub>2</sub> O-N/kg. de N)	0,005	0,0005 - 0,25

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

Usando la ecuación 14:

$$N_{\text{efluente}} = \left( 3870 \text{ individuos} * 0,057 \frac{\text{kg de N}}{\text{individuos} * \text{año}} * 0,16 * 1,1 * 1,25 \right) - 0$$

$$N_{\text{efluente}} = 48,5298 \frac{\text{Kg de N}}{\text{año}}$$

Una vez hallado este valor es posible calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O de las aguas residuales, para lo cual se usa la ecuación 13 de esta manera:

$$\text{Emisiones} = 48,5298 \frac{\text{kg de N}}{\text{año}} * 0,005 \frac{\text{kg N}_2\text{O} - \text{N}}{\text{kg de N}} * \frac{44}{28}$$

$$\text{Emisiones} = 0,000485298 \frac{\text{t de N}_2\text{O}}{\text{año}}$$

Y utilizando el PCA del N<sub>2</sub>O:

$$Emisiones = 0,000485298 \frac{t \text{ de } N_2O}{año} * \frac{310 t CO_2 eq}{1 t \text{ de } N_2O}$$

$$Emisiones \text{ totales} = 0,15044238 \frac{t CO_2 eq}{año}$$

Al sumar las emisiones de dióxido de carbono equivalente generadas por las aguas residuales de la UPS-Sur, se obtiene un valor de 1,2629 toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

### 2.3.3.3 Insumos

Al analizar la tabla 11, se escogió un bien material dentro de la UPS-Sur, que debido a su gran número y factor de emisión relativamente alto, es considerado como representativo para el año 2012. Este insumo es la silla.

Durante el año 2012 en las instalaciones del campus existían 3807 sillas y con la construcción del bloque G se añadieron otras 1377.

Actualmente elaborar una sola silla genera cierto impacto ambiental que puede ser determinado en un análisis de ciclo de vida.

Los valores de huella de carbono y consumo energético de una silla son: 36,5 kg de CO<sub>2</sub> equivalente y 486,1 MJ equivalente respectivamente. (ENISA, 2012, pág. 5).

Las transformaciones correspondientes se presentan en la siguiente tabla

**Tabla 29. Toneladas de CO<sub>2</sub> eq de insumos (sillas)**

Cantidad	F-E (kg CO <sub>2</sub> /unidad)	kg CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>
1377	36,5	50 260,5	50,26

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Como se puede observar la totalidad de sillas de la UPS-Sur emite de manera indirecta 50,26 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

### 2.3.3.4 Construcción del bloque G y del nuevo auditorio

Durante el año 2011 dentro de la UPS-Sur se empezó a construir de un nuevo edificio, con la finalidad de cumplir con la LOES, en la que se establece que todos los centros de educación superior deben realizar mejoras a su infraestructura.

Acorde a la demanda estudiantil las autoridades han visto la necesidad de incrementar la infraestructura por lo que se ha proyectado la construcción de un nuevo edificio de cuatro plantas y dos subsuelos para aulas, laboratorios; y dos salones auditorios. (Sánchez, 2011, pág. 2).

Además en 2012 se empezó con la construcción del nuevo auditorio, mismo que se encuentra entre los bloques G y A.

La construcción del bloque G concluyó a mediados del año 2012, por lo que se consideró relevante para este estudio calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido indirectamente por la adquisición y uso de cemento.

Al analizar los planos arquitectónicos del bloque G y del nuevo auditorio, es posible determinar el volumen de hormigón utilizado durante su construcción. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 30. Volumen hormigón para edificaciones**

Edificación	Volumen hormigón (m <sup>3</sup> )
Bloque G	2471,97
Nuevo auditorio	588,72

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

La cantidad de cemento por cada metro cúbico de hormigón depende de su resistencia, y el valor recomendado para el hormigón es de 364 kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón. (Romo, 2008, pág. 89).

El F-E del cemento que se usa en este cálculo, es el establecido por la empresa chilena Melón, S.A. debido a la inexistencia de un valor nacional para el cemento.

Así se tiene:

- Para el bloque G

$$2471,97 \text{ m}^3 \left| \frac{364 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} \right| \left| \frac{1 \text{ tonelada}}{1000 \text{ kg}} \right| = 899,79 \text{ toneladas de cemento}$$

Usando la ecuación 1 mostrada en la página 7 de este trabajo, se tiene:

$$899,79 \text{ toneladas de cemento} \left| \frac{0,532 \text{ tonelada } CO_2}{1 \text{ tonelada cemento}} \right| = 478,69 \text{ t } CO_2 \text{ eq}$$

- Para el nuevo auditorio

$$588,72 \text{ m}^3 \left| \frac{364 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} \right| \left| \frac{1 \text{ tonelada}}{1000 \text{ kg}} \right| = 214,29 \text{ t de cemento}$$

$$214,29 \text{ t de cemento} \left| \frac{0,532 \text{ t } CO_2}{1 \text{ t cemento}} \right| = 114 \text{ t } CO_2 \text{ eq}$$

Al realizar la suma de las emisiones de dióxido de carbono generadas por la construcción de estas dos edificaciones, se obtiene un valor final de **592,69** toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

## 2.4 Fase III

La reducción de la huella de carbono origina algunas ventajas bastante significativas, entre las que destaca el cuidado del medio ambiente y la mejora a la salud de las personas según la OMS.

En la tabla siguiente se plantea algunas medidas de reducción de GEI.

**Tabla 31. Acciones de reducción de H-C y sus beneficios**

<b>Actividad</b>	<b>Acciones de reducción</b>	<b>Beneficios para la salud</b>
<b>Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar usar el automóvil</li> <li>- No exceder la velocidad</li> <li>- Compartir el automóvil</li> <li>- Utilizar el transporte público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuyen los contaminantes más comunes del aire, como: PM, NOx, CO; además del ruido y estrés.</li> <li>- La actividad física previene enfermedades, como: obesidad, alteraciones cardíacas, hipertensión arterial, osteoporosis, diabetes.</li> </ul>
<b>Alimentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar desperdiciar alimentos</li> <li>- Reducir el consumo de carne y otros productos de origen animal</li> <li>- Aprovechar los residuos orgánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al reducir el consumo de carne también disminuye el riesgo de obesidad, enfermedades cardíacas, accidentes vasculares cerebrales, diabetes y cáncer de colon.</li> <li>- Se evita enfermedades transmitidas por vectores.</li> </ul>
<b>Consumo energético</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apagar las luces y otros aparatos eléctricos</li> <li>- Usar bombillas de bajo consumo</li> <li>- Verificar el funcionamiento de aparatos eléctricos</li> <li>- Disminuir el uso del aire acondicionado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El acceso a fuentes de energía limpia y fiable puede reducir las consecuencias negativas de la contaminación del aire.</li> </ul>
<b>Consumo de agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolectar el agua lluvia</li> <li>- Usar la lavadora y el lavavajillas cuando estén completamente llenos</li> <li>- No desperdiciar el agua</li> <li>- Tener duchas de tiempo corto</li> <li>- Reutilizar el agua para riego de jardines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las medidas de promoción y conservación de la cantidad y la calidad del agua ayudarán a: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Mantener el agua potable y los suministros de alimentos proporcionados por la agricultura y la acuicultura.</li> <li>* Disminuir brotes de enfermedades relacionadas a saneamiento e higiene.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Gestión de desechos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reciclar</li> <li>- Reducir la cantidad de residuos generados</li> <li>- Reutilizar papel, bolsas plásticas, etc.</li> <li>- Evitar el consumismo</li> <li>- Evitar la quema de basura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuye el grado de contaminación del aire, agua y suelo.</li> <li>- Reducción de enfermedades ocasionadas por vectores.</li> </ul>

Fuente: Organización mundial de la salud (2013). *Proteger la salud frente al cambio climático*

Las alternativas que se plantean a continuación tienen el objetivo de disminuir la cantidad de dióxido de carbono equivalente producido en la UPS-Sur.

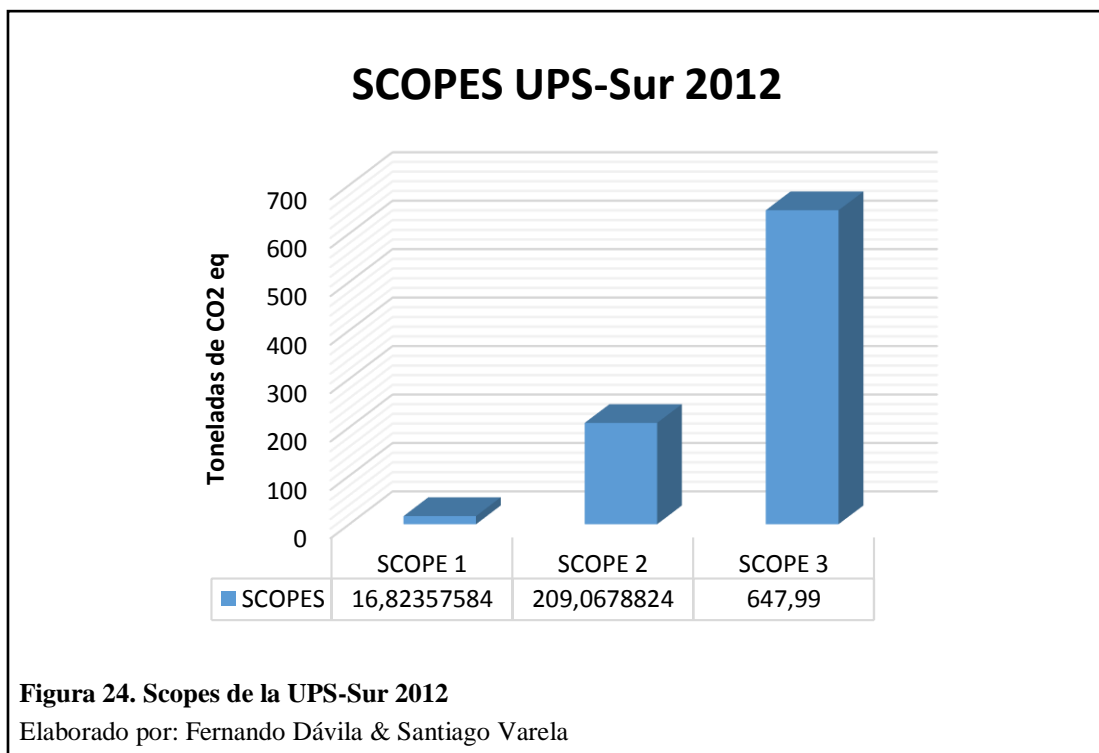
- Emplear cocinas eléctricas, en la cafetería, en lugar de las cocinas tradicionales que funcionan con GLP.
- Utilizar sensores eléctricos para corredores y baños de los distintos bloques de la UPS-Sur.

- Instalar temporizadores para que las luces se enciendan durante ciertos períodos en la noche, de esta manera es posible evitar el desperdicio de energía eléctrica de los bloques.
- Utilizar lámparas de vapor de sodio de alta presión para iluminar las zonas exteriores de todo el campus.
- Usar lámparas y bombillos de bajo consumo eléctrico en aulas y laboratorios.
- Apagar las computadoras de los laboratorios de CECASIS cuando éstas no se usen o configurarlas en modo ahorrador de energía.
- Limitar el uso de los ascensores, de tal manera que éstos sean utilizados únicamente por aquellas personas que en realidad los necesitan.
- Disminuir la generación de residuos sólidos orgánicos.
- Aprovechar los residuos orgánicos que se producen en la UPS-Sur, transformándolos en compost mediante descomposición aeróbica sin generación de metano.
- Motivar a los estudiantes para que cuiden las instalaciones y bienes del campus, con el objetivo de disminuir la cantidad de insumos comprados cada año.
- Reducir la cantidad de aguas residuales generadas, colocando grifos de cierre automático y sanitarios de bajo consumo de agua.
- Sembrar árboles y arbustos jóvenes en las áreas verdes del campus permitirá reducir considerablemente la cantidad de dióxido de carbono producido.
- Realizar mantenimiento a los generadores eléctricos en periodos de tiempo específicos, para de esta manera aportar a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte del mal funcionamiento de estos equipos.
- Fijarse en el buen estado de estado de la red eléctrica del campus para evitar consumos de energía eléctrica innecesarios.
- Promover a los estudiantes el uso de las 3R's: reducir, reciclar, reutilizar.
- Implementar un sistema eficaz de clasificación de residuos para la comunidad universitaria.



### CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando los resultados de los Scopes, se puede obtener el valor total de la huella de carbono de la UPS-Sur para el año 2012.



Como se ve en la figura anterior, el Scope 3 es el que representa un valor mayor, con 647,99 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, el Scope 2 determinado es 209,07 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y finalmente el menor valor, el del Scope 1, es 16,82 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Al sumar los 3 Scopes se obtiene un total de 873,88 toneladas de CO<sub>2</sub> eq, y si dividimos este valor para la población del año 2012, es posible determinar la H-C personal, así:

$$H - C \text{ personal} = \frac{873,88 \text{ toneladas}}{3870 \text{ individuos}} \left| \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ tonelada}} \right| = 225,81 \text{ kg CO}_2 / \text{ind} * \text{año}$$

Esto demuestra que para el año 2012 cada individuo de la UPS-Sur generó 225,81 kg de dióxido de carbono, debido a las actividades desempeñadas dentro de la institución.

### 3.1 Exclusiones

- Se excluye los cálculos de generación de GEI respecto a la quema de residuos de poda, puesto que estas emisiones son consideradas biogénicas; la combustión de materiales de biomasa no aumenta el calentamiento global, ya que el CO<sub>2</sub> emitido como producto de su incineración, es el mismo que ha sido absorbido mientras el material vegetal se encontraba cumpliendo sus funciones vitales.
- Se excluye también los GEI asociados a la utilización de reactivos químicos de los laboratorios que funcionan en la UPS-Sur, puesto que las cantidades que se emplean al año son muy pequeñas y al tener F.E. bajos, no se considera que las emisiones producidas sean relevantes para este estudio.  
Tal es el caso del ácido nítrico, durante el año 2012 se usó únicamente medio litro (0,755 kg), y al multiplicarlo por su respectivo factor de emisión: 5 kg N<sub>2</sub>O/tonelada de ácido nítrico. (IPCC, 2006), va a dar como resultado apenas 0,0011 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.
- Las emisiones de los automóviles de alumnos y maestros que entran diariamente a las instalaciones de la UPS-Sur son descartadas, debido a que la metodología utilizada para este estudio incluye únicamente a los bienes materiales que pertenecen a la universidad.
- Se excluye las posibles emisiones generadas por los insumos utilizados en los servicios de limpieza y seguridad del campus debido a que la UPS-Sur no se encarga de realizar la compra de los mismos.
- Se excluye las emisiones de CO<sub>2</sub> producto de la descomposición aerobia de las aguas residuales, puesto a que éstas son de origen biogénico. (IPCC, 2006).

### **3.2 Comparación con el software SimaPro 7.3**

El SimaPro es un software desarrollado principalmente para realizar análisis de ciclo de vida de diferentes productos; así mismo permite realizar cálculos de H-C, huella hídrica y la determinación de varios impactos ambientales importantes.

El SimaPro posee una base de datos de materiales y procesos muy completa que incluye bases de datos científicas de reconocido prestigio internacional entre las que destacan Ecoinvent v3 o la European Life Ciclo Database (ELCD) entre otras. El programa contiene también las principales metodologías de evaluación de impacto ReCiPe, USEtox, IPCC 2007, CML IA, Greenhouse Gas Protocol, Ecological footprint, y varios métodos de Huella Hídrica. (SimaPro, 2013).

Para realizar la comprobación del valor final obtenido en esta investigación, se utilizó la versión 7.3 del SimaPro. Al ingresar a este software los datos de las actividades del 2012 de la UPS-Sur, se logró obtener un valor para la H-C de 861,031 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Al analizar este resultado nos podemos dar cuenta de que es menor que el valor obtenido al aplicar la metodología del GHG Protocol, pero esto se justifica ya que el software no considera las emisiones de GEI provenientes de los residuos sólidos orgánicos, ni de las descargas líquidas. El resultado obtenido al utilizar el SimaPro se puede ver en el anexo 7.

## CONCLUSIONES

- En este trabajo de investigación se consiguió determinar la huella de carbono de la UPS-Sur del año 2012, obteniendo un total de 873,878 toneladas de dióxido de carbono equivalente correspondiente a la sumatoria de los Scopes 1, 2 y 3.
- Se obtuvo valores para cada uno de los Scopes con el fin de determinar cuál era el que generaba mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> y se determinó para el Scope 1 un valor de 16,82 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente; para el Scope 2 un valor de 209,07 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y por último para el Scope 3 se halló un valor de 647,99 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Lo que demuestra que las emisiones indirectas son las que mayor relevancia presentaron en el 2012.
- El valor del Scope 3 es el mayor, debido a que durante el año 2012 se realizó la construcción del bloque G y del nuevo auditorio, con el objetivo de mejorar la infraestructura de la UPS-Sur de acuerdo a lo establecido por la ley orgánica de educación superior.
- Las principales actividades de la UPS-Sur que generan emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente son el consumo de energía eléctrica, la utilización de GLP en la cafetería para la preparación y posterior consumo de alimentos y la adquisición de insumos por parte de la institución educativa.
- El consumo de combustibles líquidos, como diésel y gasolina no generan un impacto considerable, al igual que las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la descomposición tanto de residuos sólidos orgánicos, como de las aguas residuales del campus.
- La huella de carbono de cada individuo de la UPS-Sur es de 225,81 kg de CO<sub>2</sub> eq/año. Este valor es mucho menor al establecido por el banco mundial para cada ecuatoriano (2,2 toneladas/año), debido a que las actividades realizadas

dentro de las instalaciones del campus son diferentes y de menor duración que las que se realiza comúnmente en el hogar.

- El impacto ocasionado por la emisión de gases de efecto invernadero de la UPS-Sur no fue muy grande durante el año 2012, pero podría reducirse al aplicar proyectos de MDL para alcanzar la carbono neutralidad.
- El valor de la H-C establecido en este trabajo de investigación fue corroborado con el software de cálculo “SimaPro 7.3”, dando como resultado cantidades de CO<sub>2</sub> eq muy similares.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable calcular anualmente la huella de carbono del campus y comparar los resultados con el valor obtenido en el año base, para verificar si las emisiones de GEI se mantienen iguales, disminuyen o aumentan.
- Se recomienda mantener actualizados y en orden los inventarios y facturas de la UPS-Sur, para facilitar la recolección de la información necesaria.
- Los datos de caracterización de residuos sólidos y descargas líquidas también deberían mantenerse actualizados, para así poder trabajar con datos reales al momento de determinar las emisiones de GEI producidas.
- Se recomienda realizar un proyecto de mecanismo de desarrollo limpio para la UPS-Sur, empleando las alternativas de solución planteadas, con el objetivo de participar en el mercado de carbono y obtener ganancias económicas basadas en la protección ambiental.
- Los resultados obtenidos en esta investigación, deberían ser de acceso público y comunicados por las autoridades, para generar conciencia ambiental a la población universitaria.
- Se recomienda utilizar el software desarrollado en esta investigación para calcular la huella de carbono en años posteriores y mantenerlo actualizado para poder conocer la evolución de los GEI de la UPS-Sur.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2013). *Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)*. Recuperado el 15 de octubre de 2013, de El Banco Mundial: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC/countries?display=default>
- British Standards Institution. (2012). *Verificar y neutralizar la huella de carbono, un desafío para el planeta y para las empresas del siglo XXI*. Barcelona: BSI Group Iberia.
- Cáceres, L., & Núñez, A. M. (2011). *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático*. Quito.
- Carballo, A., & García, M. d. (2009). *El método compuesto de las cuentas contables (MC3): una herramienta para la responsabilidad social corporativa*. Universidad de Santiago de Compostela.
- Castro, E. (2012). *Situación actual del carbono neutro*. Guápiles: Universidad Earth.
- CEPAL. (2010). *Metodologías de cálculo de la huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*.
- CEPAL. (2013). *Congestión y contaminación ambiental*. Recuperado el 27 de noviembre de 2013, de [http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/13059/lcg2199\\_e\\_cap\\_6a.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/13059/lcg2199_e_cap_6a.pdf)
- Colomer, F. (2010). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. Valencia: Limusa, S.A.
- CONELEC. (2012). *Factor de emisión del sistema nacional interconectado al año 2012*.
- Diario La Hora. (2013). *Huella ecológica para concienciar*. Quito.
- EMGIRS-EP. (2013). *Disposición final de los residuos sólidos*. Recuperado el 14 de noviembre de 2013, de <http://emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/relleno-sanitario>

- ENISA. (2012). *Resumen del informe técnico, ecodiseño de una silla*. Santiago de Compostela.
- Gallegos, M. (2012). *Análisis mercado de carbono en el Ecuador*.
- Garzón, I. (2010). *Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión*. Quito: Escuela politécnica nacional.
- Global Footprint Network. (2011). *The National Footprint Accounts*. San Francisco.
- Greenleaf Ambiental. (2013). *Estudio de impacto ambiental definitivo; proyecto de generación de energía eléctrica con el biogás producido en el relleno sanitario “El Inga” I y II del Distrito Metropolitano de Quito*. Recuperado el 15 de noviembre de 2013, de [http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc\\_10172\\_CAPITULO%20III%20DESCRIPCION%20DEL%20PROYECTO.pdf](http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10172_CAPITULO%20III%20DESCRIPCION%20DEL%20PROYECTO.pdf)
- Heredia, E. F., & González, K. P. (2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*. Quito.
- Houston, K. (01 de 09 de 2012). *Mitigación de la huella de carbono*. Recuperado el 27 de 08 de 2013, de Mitigación de la huella de carbono: <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=923>
- Ihobe. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero en organizaciones*. Bilbao: Ihobe.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- ISO 14040:2006. (2006). *Gestión ambiental, análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia*.
- Lohmann, L. (22 de 12 de 2009). *Compensaciones de carbono*. Recuperado el 26 de agosto de 2013, de:



<http://www.carbontradewatch.org/downloads/publications/factsheet02-offsets-es.pdf>

- Masters, G., & Ela, W. (2008). *Introducción a la ingeniería ambiental*. Madrid: Pearson.
- Ministerio de energía de Chile. (s.f.). *Factores de emisión de CO2 de los combustibles más utilizados en Chile*. Recuperado el 9 de octubre de 2013, de [http://huelladecarbono.minenergia.cl/calculo\\_huella\\_FE\\_termico\\_1.html](http://huelladecarbono.minenergia.cl/calculo_huella_FE_termico_1.html)
- Ministerio de medio ambiente de España. (2011). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España e información adicional años 1990-2009*.
- Monroy, J. N. (2012). Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero. *revistalatinacs*, 17.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *La reducción de su huella de carbono puede ser buena para su salud*.
- Organización mundial de la salud. (2013). *Proteger la salud frente al cambio climático*. Recuperado el 9 de noviembre de 2013, de <http://www.who.int/world-health-day/toolkit/annexe%201-S.pdf>
- Peragón, P. (2010). *Manual práctico para cambiar el mundo*. Barcelona: Bubok Publishing, S.L.
- Quesada, J. L. (2007). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. España: AENOR.
- Romo, M. (2008). *Temas de hormigón armado*. Recuperado el 24 de noviembre de 2013, de <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/otros-recursos-1/Dosificacion%20de%20Hormigones.pdf>
- Sánchez, R. (2011). *Análisis Ambiental Universidad Politécnica Salesiana Quito campus sur Proyecto de construcción nuevo edificio campus sur*. Quito.
- Schneider, H. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile: CEPAL.

- SimaPro. (2013). *Lavola Sostenibilidad*. Recuperado el 1 de diciembre de 2013, de <http://www.simapro.es/>
- *Universidad Politécnica Salesiana Ecuador*. (2013). Recuperado el 22 de julio de 2013, de <http://www.ups.edu.ec/sur>
- Vegara, J., Busom, I., & Colldeforns, M. (2009). *El cambio climático: Análisis y política económica*. Barcelona: La Caixa.
- World Business Council for Sustainable Development. (2011). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*.
- WWF. (2012). *Planeta vivo. Biodiversidad, biocapacidad y propuestas de futuro*. Gland.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Análisis del ciclo de vida:** Es un método de evaluación de aspectos e impactos ambientales relacionados con un producto consumido o elaborado, tomando en cuenta las entradas y salidas de su proceso productivo.
- **Biocapacidad:** Cuantifica la capacidad de la naturaleza para producir recursos renovables, proporcionar tierra para construir y ofrecer servicios de absorción como el de la captura de carbono. (WWF, 2012).
- **Bono de carbono:** Es el precio que se paga por la reducción de una tonelada de dióxido de carbono equivalente.
- **Contabilidad de GEI:** Implica el reconocimiento y la consolidación de emisiones de operaciones en las cuales el corporativo posee el control o una participación accionaria. (World Business Council for Sustainable Development, 2011).
- **DBO<sub>5</sub>:** Parámetro que en una muestra líquida, mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos transcurridos cinco días de reacción. (Garzón, 2010).
- **Efecto Invernadero:** Fenómeno de aumento térmico ocasionado por la acumulación de GEI en la atmósfera terrestre que impiden que la energía emitida por el sol, regrese al espacio exterior.
- **Emisiones biogénicas:** Son las emisiones provenientes del material vegetal y son fundamentales en los ciclos naturales del planeta.
- **Factor de Emisión de CO<sub>2</sub>:** Es la masa estimada de dióxido de carbono emitido por cada unidad de volumen de combustible, de MWh de energía eléctrica generada y de cantidad de insumos utilizados.

- **Gases de efecto invernadero:** Son gases que por sus características provocan que el efecto invernadero suceda, de acuerdo al Protocolo de Kioto, 6 gases son los más relevantes y son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).
- **Huella de Carbono:** Totalidad de gases de efecto invernadero emitidos directa o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto. (Carbon Trust, 2008).
- **Límite Operacional:** Se conoce como el alcance de las emisiones, tanto directas como indirectas que se generan en una organización.
- **Material particulado:** El material particulado presente en la atmósfera es una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas, desde sal de mar y partículas de suelo hasta partículas de hollín producido por el uso de combustibles fósiles. Las partículas más finas se denominan de acuerdo con su tamaño; por ejemplo, PM<sub>10</sub> designa a todas las partículas con diámetro inferior a 10 micrones y PM<sub>2,5</sub>, las inferiores a 2.5 micrones. (CEPAL, 2013).
- **Poder calorífico:** Es la cantidad de energía que se desprende, en forma de calor, como producto de la combustión completa de cualquier combustible.
- **Protocolo de Kioto:** Protocolo aprobado el 11 de diciembre de 1997 en Japón y que forma parte de la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático, éste pretende que los países pertenecientes a su Anexo 1, disminuyan sus emisiones de GEI por lo menos un 5% hasta el 2012, tomando como base el año 1990.
- **Scope 1:** Emisiones directas de GEI que ocurren en fuentes que son propiedad de la institución.

- **Scope 2:** Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad consumida por la institución.
  
- **Scope 3:** Emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad, ni están controladas por la empresa. (World Business Council for Sustainable Development, 2011).

## GLOSARIO DE SIGLAS

- **ARD:** Aguas residuales domésticas.
- **CECASIS:** Centro de capacitación y servicios informáticos del campus sur.
- **CENACE:** Centro nacional de control de energía.
- **CEPAL:** Comisión económica para América Latina y el Caribe.
- **CERs:** Certificados de reducción de emisiones.
- **CMNUCC:** Convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático.
- **CO:** Monóxido de carbono.
- **CO<sub>2</sub> eq:** Dióxido de carbono equivalente.
- **CONELEC:** Consejo nacional de electricidad.
- **DOC:** Carbono orgánico degradable.
- **DOC<sub>f</sub>:** Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone.
- **ECCR:** Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI.
- **F-E:** Factor de emisión.
- **FOD:** Método de descomposición de primer orden o First Order Decay por sus siglas en inglés.
- **GEI:** Gases de efecto invernadero.
- **GLP:** Gas licuado de petróleo.
- **H-C:** Huella de carbono.
- **H-E:** Huella ecológica.
- **IPCC:** Panel intergubernamental del cambio climático.
- **ISO:** Organización internacional de la estandarización.
- **kWh:** Kilovatio hora.
- **LOES:** Ley orgánica de educación superior.
- **MAE:** Ministerio de ambiente del Ecuador.
- **MC3:** Método compuesto de las cuentas contables.
- **MCF:** Factor de corrección de metano.
- **NO<sub>x</sub>:** Óxidos de nitrógeno.
- **OMS:** Organización mundial de la salud.
- **PAS 2050:** Publicly Available Specification. 2050:2011.
- **PCA:** Potencial de calentamiento atmosférico.
- **PCI:** Poder calorífico inferior.
- **PM:** Material particulado.

- **PPC:** Producción per cápita.
- **SEDS:** Sitio de eliminación de desechos sólidos.
- **SRES:** Informe especial sobre escenarios de emisiones del IPCC.
- **UPS:** Universidad Politécnica Salesiana.
- **UPS-Sur:** Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur.
- **WWF:** Fondo Mundial para la naturaleza o World Wildlife Fund, por sus siglas en inglés.

## ANEXOS

### Anexo 1. Factura de consumo eléctrico de la UPS-Sur del mes de noviembre de 2012 (Suministro 1239473-K)



EMPRESA  
ELÉCTRICA  
QUITO S.A. E.E.Q.

R.U.C. 1790053881001

Las Casas E1-24 y Av. 10 de Agosto  
CONTRIBUYENTE ESPECIAL  
Resolución N° 5368 - 1995 - 06 - 02

#### FACTURA DE GRANDES CLIENTES

Autorización SRI: 1110588751  
Fecha de autorización: 01/02/2012  
Válida hasta: 13/01/2013

Fecha Emisión: 29/11/2012

Factura No. 001-007-002955953

No. Control: 123947315-29

CODIGO ÚNICO ELÉCTRICO NACIONAL: 1401239473

Fax: 023952890

R.U.C.: 1791796780001

Suministro: 1239473 -K UNIVERSIDAD POLIT.SALESIANA

#### DIRECCIÓN NOTIFICACIÓN:

Geocodigo: 97-01-021-1730

Calle: AV.MORAN VALVERDE

Barrio/Urb.: CHILLOGALLO

Numero: S/N

Piso:

Dpto:

Interseccion: RUMICACHA

Parroquia: CHILLOGALLO

Canton: DISTRITO METROPOLITANO QUITO

#### DIRECCIÓN DEL SERVICIO:

Plan: 95

Geocodigo: 98-02-055-0590

Calle: AV.MORAN VALVERDE

Numero:

Piso:

Dpto:

Interseccion: RUMICHACA

Barrio/Urb.: CHILLOGALLO

Parroquia: CHILLOGALLO

#### INFORMACIÓN DE CONSUMO:

Periodo Consumo Desde: 2012/10/25

Hasta: 2012/11/26 Dias Factu.: 32

Factor de multiplicacion: 1.00

Constante: 1.00

Recargo Pérdidas en Transformación:

2 %

Medidor Descripción

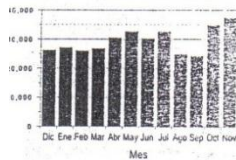
Actual	Anterior	Consumo	Tipo Lect
144005.300	135557.200	8617.062	TOMADA
442530.500	414155.200	28942.806	TOMADA
99.360	94.320	101.347	TOMADA
102.600	91.510	104.652	TOMADA
116566.900	110820.000	5861.838	TOMADA

\* Incluye la energía de 22h00 - 12h00 (S,D,F)

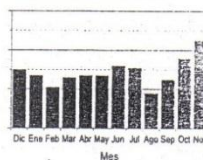
Factor Potencia: 0.99

Factor Correccion: 1.00

Consumos



Demanda facturada



#### INFORMACIÓN DE CONCEPTOS FACTURADOS:

Tarifa: Comerc.Dem.Reg.Horario (719)

Punto de entrega: Media Tension

Concepto	Valor
DEMANDA 105 Kw	433.55
COMERCIALIZACION	1.41
SERV.ALUM.PUB	251.00
CONSUMO 07h - 22h 28943Kwh	1,678.69
CONSUMO 22h - 07h 8517Kwh	396.38
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO	2,761.03
IMPUESTO BOMBEROS	4.38
TASA RECOLECCION BAS	251.00
SUBTOTAL VALORES DE TERCEROS	255.38
<b>TOTAL A PAGAR:</b>	<b>3,016.41</b>

Fecha Facturación: 2012/11/29

Pagar Hasta: 2012/12/14

Ejecutivo de cuenta: FANNY LUISA MENDEZ BONILLA  
Telfs: 2553010/2542860 ext 3714  
e\_mail: f.mendez@eeq.com.ec

(\*) BASE PARA RETENCION 1%: 0.00

CODIGO 08011004

IMPRESO POR GRAFICAS AYERVE C.A. - RUC 1790043479001

UNIVERSIDAD POLIT.SALESIANA

No. Control: 123947315-29

Valor: USD 3,016.41





## Anexo 2. Factura de consumo eléctrico de la UPS-Sur del mes de octubre de 2012 (Suministro 1015300-K)



**EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. E.E.Q.**  
R.U.C. 1790053881001

Las Casas E1-24 y Av. 10 de Agosto  
CONTRIBUYENTE ESPECIAL  
Resolución N° 5368 - 1995 - 06 - 02

### FACTURA DE GRANDES CLIENTES

Autorización SRI: 1110588751  
Fecha de autorización: 01/02/2012  
Válida hasta: 13/01/2013

Fecha Emisión: 30/10/2012  
Factura No. 001-007-002647795

No. Control: 101530017-18

CODIGO ÚNICO ELÉCTRICO NACIONAL: 1401015300

Suministro: 1015300 -K UNIV.POLITECNICA SALESIANA

Fax: 023962800 R.U.C.: 1791796780001

#### DIRECCIÓN NOTIFICACIÓN:

Geocódigo: 98-01-021-1750  
Calle: AV.MORAN VALVERDE Numero: S/N Piso: Dpto: Interseccion: RUMICACHA  
Barrio/Urb.: CHILLOGALLO Parroquia: CHILLOGALLO Canton: DISTRITO METROPOLITANO QUITO

#### DIRECCIÓN DEL SERVICIO:

Plan: 95 Geocódigo: 98-02-055-0600  
Calle: OE4 AV. RUMICACHA Numero: S/N Piso: PB Dpto: Interseccion: S30 MORAN VALVERDE  
Barrio/Urb.: FTE U ED QUITUMBE Parroquia: CHILLOGALLO Canton: DISTRITO METROPOLITANO QUITO

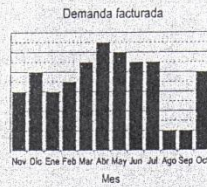
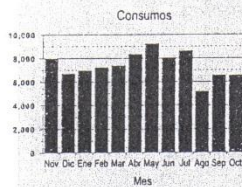
#### INFORMACIÓN DE CONSUMO:

Periodo Consumo Desde: 2012/09/23 Hasta: 2012/10/23 Dias Factur.: 30  
Factor de multiplicación: 1.00 Constante: 1.00

Medidor	Descripcion	Actual	Anterior	Consumo	Tipo Lect
75001485	Activa 22h - 07h	131625.300	129904.700	1755	TOMADA
75001485	Activa 07h - 22h	342347.000	337647.100	4794	TOMADA
75001485	Demanda Normal-Lec.Direct	24.790	19.180	25.286	TOMADA
75001485	Demanda Pico-Lec.Directa	25.070	15.970	25.571	TOMADA
75001485	Reactiva Normal	235070.200	232700.600	2417	TOMADA

\* Incluida la energía de 22h00 - 18h00 (S,D,F)  
Factor Potencia: 0.94

Factor Corrección: 1.00



#### INFORMACIÓN DE CONCEPTOS FACTURADOS:

Concepto	Valor
DEMANDA	26 Kw 107.35
COMERCIALIZACION	1.41
SERV ALUM.PUB	44.42
CONSUMO 07h - 22h	4794Kwh 278.05
CONSUMO 22h - 07h	1755Kwh 80.73
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO</b>	<b>511.96</b>
IMPUESTO BOMBEROS	4.38
TASA RECOLECCION BAS	46.75
<b>SUBTOTAL VALORES DE TERCEROS</b>	<b>51.13</b>
<b>SUBTOTAL VALORES PENDIENTES DE P</b>	<b></b>
(-) NOTA DE CREDITO	-60.79
<b>TOTAL A PAGAR:</b>	<b>502.30</b>

Ejecutivo de cuenta: FANNY LUISA MENDEZ BONILLA  
Telfs: 2553010/2542860 ext 3714  
e\_mail: fmendez@eeq.com.ec

Fecha Facturación: 2012/10/30  
Pagar Hasta: 2012/11/15

(\*) BASE PARA RETENCION 1%: 0.00

CÓDIGO: 0001004

IMPRESO POR GRAFICAS AYERVE C.A. - RUC: 1790043479001

UNIV.POLITECNICA SALESIANA  
No. Control: 101530017-18  
Valor: USD 502.30



POSTAE: 402 de 1315

### Anexo 3. Facturas de consumo de combustible de la UPS-Sur



**ATIMASA S.A.**  
 Matriz: Guayaquil : Km. 8.5 Vía Daule - Junto Al Fuerte Huancavilca  
 Teléfonos: (593-04) 2590560 al 2590569  
 Sucursal Quito : Av. Manuel Córdova Galarza Km. 1 Mitad del Mundo  
 Telf : 02-2491286  
**RUC. 0991331859001**

**FACTURA N° 013 - 007 - 00 0003911**

Aut. S.R.L.: 1111424906  
 Fecha de Autorización : 24/ Julio /2012  
**VALIDO PARA SU EMISIÓN HASTA EL 24/JULIO/2013**  
 Contribuyente Especial - Resolución N°1477

Cantidad	CONCEPTO	P/Unit.	TOTAL
PREPAGO CONSUMO COMBUSTIBLE			
			Subtotal \$ 267,86
			Descuento -
			I.V.A. Tarifa 0% -
			I.V.A. Tarifa 12% 32,14
			<b>TOTAL 300,00</b>

Debo y Pagaré a **ATIMASA S.A.**, a la vista de esta factura inmediatamente en el lugar que se reconvenga  
 Reconoceré en caso de mora la máxima tasa convencional a partir del vencimiento. Sin protesto.

  
 Firma Autorizada  
**FIRMA AUTORIZADA**

  
**CLIENTE DEUDOR**

Espinoza Jurado Julio \* ARTES GRAFICAS ESPINOZA \* RUC. 0907230429001 \* Aut. 10118 \* Telf : 2452169 \* 10 block de 100x3 Numerado del:0003001 al 0004000  
 Original: Adquiriente \* Copia 1: Emisor \* Copia 2: Sin Valor Tributario

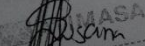
**RUC. 0991331859001**

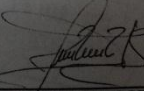
**CLIENTE**  
 miércoles, 07 de marzo de 2012  
 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
 1791796780001  
 RUMICHACA S/N Y AV. MORAN VALVERDE  
 0

**CONDICIONES**

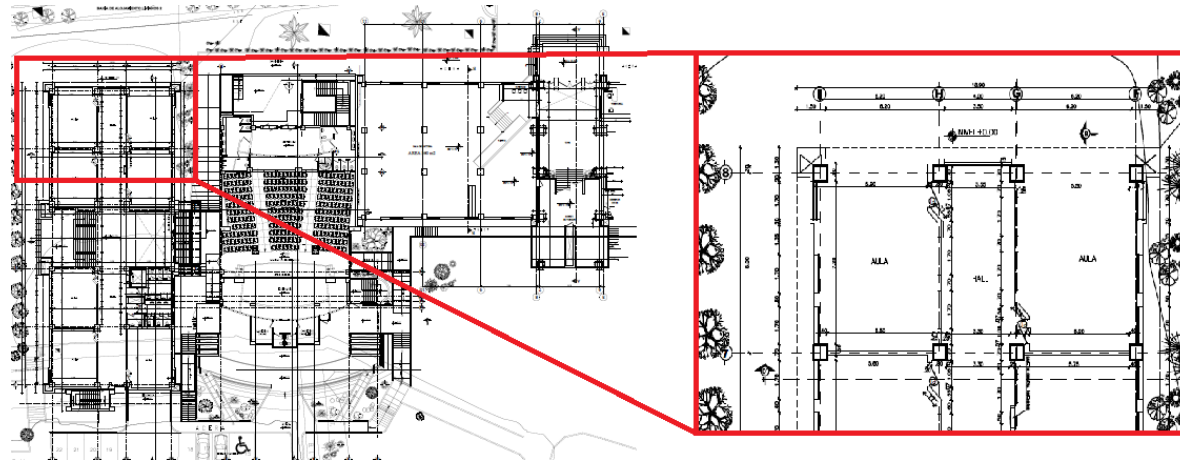
Cantidad	CONCEPTO	P/Unit.	TOTAL
VALES PREPAGO CONSUMO COMBUSTIBLE			
60	Ticket de \$ 5 Secuencia	desde hasta 154029 154088	4,464 267,86
			Subtotal 267,86
			Descuento -
			I.V.A. Tarifa 0% -
			I.V.A. Tarifa 12% 32,14
			<b>TOTAL 300,00</b>

Debo y Pagaré a **ATIMASA S.A.**, a la vista de esta factura inmediatamente en el lugar que se reconvenga  
 Reconoceré en caso de mora la máxima tasa convencional a partir del vencimiento. Sin protesto.

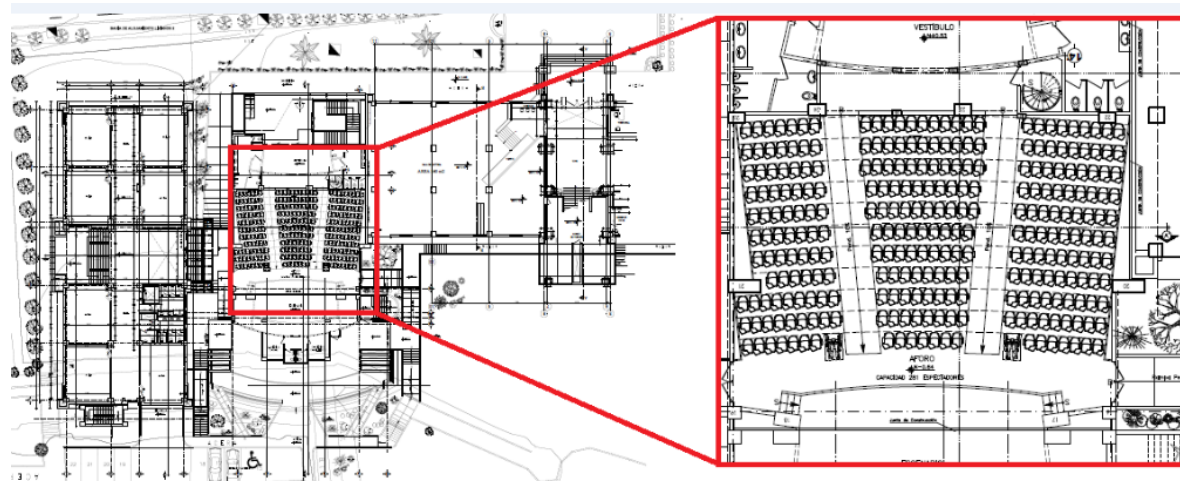
  
**FIRMA AUTORIZADA**

  
**CLIENTE DEUDOR**

#### Anexo 4. Planos Arquitectónicos del Bloque G



#### Planos Arquitectónicos del nuevo auditorio



## Anexo 5. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias energéticas

<b>CUADRO 2.2</b>										
<b>FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA EN LAS INDUSTRIAS ENERGÉTICAS (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)</b>										
Combustible	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	
Petróleo crudo	73 300	71 000	75 500	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Orimulsión	r77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas natural licuado	r64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gasolina	Gasolina para motores	r69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para la aviación	r70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para motor a reacción	r70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Queroseno para motor a reacción	r71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Otro queroseno	71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Esquisto bituminoso	73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Fuelóleo residual	77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Etano	61 600	56 500	68 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Nafta	73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Lubricantes	73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Coque de petróleo	r97 500	82 900	115 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Alimentación a procesos de refinación	73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0,6	0,2	2	

**Anexo 6. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en la categoría comercial-institucional**

<b>CUADRO 2.4</b>										
<b>FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA EN LA CATEGORÍA COMERCIAL/INSTITUCIONAL (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)</b>										
Combustible	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	
Petróleo crudo	73 300	71 100	75 500	10	3	30	0,6	0,2	2	
Orimulsión	r77 000	69 300	85 400	10	3	30	0,6	0,2	2	
Gas natural licuado	r64 200	58 300	70 400	10	3	30	0,6	0,2	2	
Gasolina	Gasolina para motores	r69 300	67 500	73 000	10	3	30	0,6	0,2	2
	Gasolina para la aviación	r 70 000	67 500	73 000	10	3	30	0,6	0,2	2
	Gasolina para motor a reacción	r70 000	67 500	73 000	10	3	30	0,6	0,2	2
Queroseno para motor a reacción	r71 500	69 700	74 400	10	3	30	0,6	0,2	2	
Otro queroseno	71 900	70 800	73 700	10	3	30	0,6	0,2	2	
Esquisto bituminoso	73 300	67 800	79 200	10	3	30	0,6	0,2	2	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800	10	3	30	0,6	0,2	2	
Fuelóleo residual	77 400	75 500	78 800	10	3	30	0,6	0,2	2	
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600	5	1,5	15	0,1	0,03	0,3	
Etano	61 600	56 500	68 600	5	1,5	15	0,1	0,03	0,3	
Nafta	73 300	69 300	76 300	10	3	30	0,6	0,2	2	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	10	3	30	0,6	0,2	2	
Lubricantes	73 300	71 900	75 200	10	3	30	0,6	0,2	2	
Coque de petróleo	r97 500	82 900	115 000	10	3	30	0,6	0,2	2	

## Anexo 7. Valor de H-C obtenido con ayuda del SimaPro

CAUsers\Public\Documents\SimaPro\Database\Demo; Introduction to SimaPro 7 - [Comparar procesos (Excluyendo procesos de infraestructura)]

Archivo Editar Calcular Herramientas Ventana Ayuda

Análisis de impacto | Inventario | Contribución de proceso | Configuración de cálculo | Revisiones (586) | Vista oral. productos

Caracterización Normalización

Omitir categorías: Nunca  Excluir largo plazo

Sel	Categoría de impacto	Unidad	Cement, unspecified, at	Diesel, at refinery//US	Gasoline, at refinery//US	Liquefied petroleum gas, at	Electricity from hydroelectric
<input checked="" type="checkbox"/>	Abiotic depletion	kg Sb eq	1,62E3	31,1	6,95	92,8	4,73
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification	kg SO2 eq	1,21E3	9,42	2,1	28,1	3,02
<input checked="" type="checkbox"/>	Eutrophication	kg PO4 <sup>3-</sup> eq	375	0,621	0,139	1,05	0,665
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming (GWP100)	kg CO2 eq	8,47E5	696	155	2,08E3	1,11E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,021	1,74E-7	3,02E-6	5,14E-7	3,66E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Human toxicity	kg 1,4-DB eq	6,76E4	4,04E3	902	1,21E4	80,2
<input checked="" type="checkbox"/>	Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	2,49E4	1,44E3	323	4,31E3	13,6
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	5,75E7	5,29E6	1,18E6	1,58E7	1,98E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	1,24E3	0,198	0,0443	0,592	3,53
<input checked="" type="checkbox"/>	Photochemical oxidation	kg C2H4	44,8	0,932	0,208	2,78	0,143

Comparando procesos; Método: CML 2 baseline 2000 V2.05 / World, 1990 / Caracterización / Excluyendo procesos de infraestructura

Compact (demo) 7.3.0 Compact

14:43 03/12/2013