



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON
LA COLECTIVIDAD**

UNIDAD DE GESTIÓN DE POSTGRADOS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y
CONSTRUCCIÓN**

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:
MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TEMA:
CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. QUITO – ECUADOR.**

**AUTOR:
FAUSTO RENÉ VITERI MOYA**

SANGOLQUÍ, Agosto de 2013

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Dr. René Parra

Certifica:

Que el trabajo titulado “Cálculo de la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito - Ecuador.”, realizado por Fausto René Viteri Moya, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Maestranes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a la importancia de este proyecto como línea base para posteriores investigaciones se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de (un) documento empastado y (un) disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Se autoriza a Fausto René Viteri Moya que lo entregue al Dr. David Carrera, en su calidad de Director de la Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental.

Sangolquí, 14 de agosto de 2013

Dr. René Parra

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Fausto René Viteri Moya

Declaro que:

El proyecto de grado denominado “Cálculo de la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito - Ecuador.”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 14 de agosto de 2013

Fausto René Viteri Moya

AUTORIZACIÓN

Yo, Fausto René Viteri Moya

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo "Cálculo de la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito - Ecuador.", cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 14 de agosto de 2013

Fausto René Viteri Moya

DEDICATORIA

A Jesús por sacrificarse por mí y haberme dado la vida eterna, a Dios por estar conmigo cuando pensaba que nadie me podía ayudar, la Gloria perpetua al Rey de Reyes!

A mi madre por todas sus oraciones y su apoyo incondicional.

A mi familia entera por haber confiado en mí durante toda mi vida.

A mis maestros que con sus sabias palabras han guiado mi camino.

A mis amigos por haberme brindado su confianza y apoyo.

Fausto

AGRADECIMIENTO

A Jesucristo porque cada día me brinda aliento, esperanza y fuerzas para seguir adelante.

A mi madre, mis hermanos y mis sobrinos que han estado ahí conmigo viviendo cada día, cada experiencia.

Al Dr. René Parra por su continua colaboración y apoyo en todo en cuanto estuvo a su alcance.

A los Directivos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, los cuales me apoyaron en todo el proceso.

A todos mis amigos de la Promoción VIII de la Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental de la ESPE.

A todos los que contribuyeron en la culminación de esta tesis.

Fausto

Índice de contenidos

I.	Revisión de Literatura	8
1.1.	Cambio climático	8
1.1.1.	Distribución de la radiación solar.....	10
1.1.2.	Balance de la radiación solar	11
1.1.3.	Forzamiento radiativo.....	13
1.1.4.	Potencial de calentamiento global.....	15
1.1.5.	Efecto invernadero	17
1.2.	Marco Legal para Gases de efecto invernadero	29
1.2.1.	Marco Legal Ecuatoriano	29
1.2.2.	Protocolo de Kyoto	30
1.3.	Comercio de emisiones	31
1.3.1.	Mecanismo de desarrollo limpio.....	32
1.4.	Huella ecológica	35
1.5.	Huella de carbono.....	42
1.5.1.	Metodologías de cálculo para la huella de carbono	42
1.5.2.	Huella de carbono en Centros Educativos Superiores.....	49
1.6.	Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	54
1.6.1.	Ubicación	54
1.6.2.	Historia.....	55
1.6.3.	Descripción de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	55
II.	Metodología.....	62
2.1.	Etapas inicial	62
2.2.	Etapas intermedia.....	62
2.2.1.	Alcance 1	63
2.2.2.	Alcance 2	66

2.2.3. Alcance 3	67
2.3. Etapa final.....	68
III. Resultados y Discusión	70
3.1. Emisiones del Alcance 1.....	70
3.1.1. Emisiones por vehículos propios.....	70
3.1.2. Emisiones por el generador eléctrico	71
3.1.3. Emisiones por el uso de GLP.....	72
3.1.4. Emisiones totales hechas por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en el Alcance 1.....	74
3.2. Emisiones del Alcance 2.....	76
3.2.1. Emisiones por consumo de electricidad	76
3.2.2. Emisiones por consumo de refrigerante.....	78
3.2.3. Emisiones totales hechas por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en el Alcance 2.....	79
3.3. Emisiones del Alcance 3.....	80
3.3.1. Emisiones por viajes aéreos	81
3.3.2. Emisiones por el consumo de papel.....	82
3.3.3. Emisiones totales hechas por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en el Alcance 3.....	83
3.4. Emisiones totales de CO ₂ eq por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	84
3.5. Comparación de la Huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería con la huella de otras universidades.....	88
IV. Conclusiones y Recomendaciones	90
4.1. Conclusiones	90
4.2. Recomendaciones	91
V. Bibliografía.....	95
V. Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas

Tabla 1. Albedo medio de algunas superficies sobre la superficie terrestre	12
Tabla 2. Calentamiento potencial global de los gases de efecto invernadero	16
Tabla 3. Tipos de proyectos MDL en el Ecuador	34
Tabla 4. Metodologías de cálculo de huella de carbono más utilizadas en el mundo	43
Tabla 5. Emisiones del CATIE por componente durante el período 2003-2006 expresada en tCO ₂ eq.....	50
Tabla 6. Emisiones de CO ₂ eq por tipo de alcance en la Universidad de Alcalá	51
Tabla 7. Emisiones de la Universidad de Alcalá por componente durante el año 2011 expresada en tCO ₂ eq.....	51
Tabla 8. Emisiones de la Universidad de Miami por componente durante el año 2008 expresada en tCO ₂ eq.....	53
Tabla 9. Actividades y edificios de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	61
Tabla 10. Factores de emisión para Alcance 1	64
Tabla 11. Vehículos utilizados por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	65
Tabla 12. Factores de emisión para Alcance 2.....	66
Tabla 13. Factores de emisión para Alcance 3 viajes aéreos.....	67
Tabla 14. Factores de emisión para Alcance 3 consumo de papel.....	68
Tabla 15. Potenciales de calentamiento global para los gases emitidos por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	68
Tabla 16. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por los transportes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	70
Tabla 17. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el generador eléctrico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	72
Tabla 18. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el consumo de GLP de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	73
Tabla 19. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq en el alcance 1 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 - 2012.....	74

Tabla 20. Consumos de electricidad históricos por los edificios utilizados por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (Kwh).....	76
Tabla 21. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el consumo de electricidad de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	77
Tabla 22. Toneladas emitidas por el refrigerante consumido por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	78
Tabla 23. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq en el alcance 2 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 – 2012	79
Tabla 24. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por los viajes aéreos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	81
Tabla 25. Toneladas emitidas por el consumo de papel por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	83
Tabla 26. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq en el alcance 3 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 – 2012	84
Tabla 27. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq durante el período 2009 - 2012.....	85
Tabla 28. Emisiones en toneladas de CO ₂ eq por componente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	87
Tabla 29. Porcentaje de emisiones de CO ₂ eq por componente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	88
Tabla 30. Comparación de la Huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería con otras universidades.....	89
Tabla 31. Comparación de aporte por componente de la huella de carbono entre universidades.....	89

Índice de figuras

Figura 1. Distribución de la radiación solar que llega a la Tierra expresada en kcal/cm ² /año	11
Figura 2. Flujos de energía solar	12
Figura 3. Forzamiento radiativo promedio mundial.....	14
Figura 4. Efecto invernadero.....	19
Figura 5. Emisiones globales por tipo de gas de efecto invernadero.....	23
Figura 6. Emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de fuente	25
Figura 7. Emisiones de gases de efecto invernadero por país	26
Figura 8. Aporte sectorial de Emisiones de gases de efecto invernadero directos del Ecuador (t CO ₂ eq)	27
Figura 9. Evolución de las emisiones por tipo de gas (t CO ₂ eq)	28
Figura 10. Cambios en la Huella Ecológica por persona en los países de altos, medianos y bajos ingresos entre 1961 y 2008 con respecto a la biocapacidad de la Tierra (línea negra)	38
Figura 11. Huella Ecológica por componente, 1961-2008	39
Figura 12. Cambios de la huella ecológica por regiones	40
Figura 13. Huella de carbono de Ecuador por tipo de componente.....	41
Figura 14. Huella ecológica (azul) y biocapacidad (verde) por persona en Ecuador	41
Figura 15. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.	46
Figura 16. Etiqueta de reducción de carbono productos TESCO	48
Figura 17. Emisiones en toneladas de CO ₂ eq del CATIE durante el período 2003 – 2006.....	49
Figura 18. Aporte de los componentes a la huella de carbono del CATIE.....	50
Figura 19. Emisiones totales de la Universidad de Alcalá por fuente de emisión	52
Figura 20. Descripción de las emisiones de CO ₂ eq por componente de la huella de carbono de la Universidad de Miami	53
Figura 21. Mapa de ubicación y edificios utilizados por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial.	54

Figura 22. Organigrama funcional de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	57
Figura 23. Número de docentes en los períodos académicos desde el año 2009 hasta el año 2012	59
Figura 24. Número de estudiantes en los períodos académicos desde el año 2009 hasta el año 2013	60
Figura 25. Crecimiento de los estudiantes de las diferentes carreras en los períodos académicos desde el año 2009 hasta el año 2012	60
Figura 26. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el transporte de la Facultad de Ciencias de Ingeniería	71
Figura 27. Consumo histórico de combustible del generador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	71
Figura 28. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el generador eléctrico de la Facultad de Ciencias de Ingeniería.....	72
Figura 29. Consumo histórico de GLP de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	73
Figura 30. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el consumo de GLP de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	74
Figura 31. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq en el alcance 1 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	75
Figura 32. Consumo energético histórico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (KWh).....	77
Figura 33. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el consumo de electricidad de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	78
Figura 34. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el consumo de refrigerante de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería	79
Figura 35. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq en el alcance 2 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	80
Figura 36. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por los vuelos aéreos realizados por la Facultad de Ciencias de Ingeniería.....	81
Figura 37. Consumo histórico de papel de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	82

Figura 38. Toneladas de CO ₂ eq emitidas por el consumo de papel por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	83
Figura 39. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq en el alcance 3 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	84
Figura 40. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq por alcance durante el período 2009 - 2012.....	86
Figura 41. Emisiones totales en toneladas de CO ₂ eq durante el período 2009 – 2012 de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.	86
Figura 42. Emisiones en toneladas de CO ₂ eq por componente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.....	87

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es un gran aporte para favorecer varios procesos de gestión ambiental, las empresas pueden controlar sus procesos para disminuir dichas emisiones y así reducir el impacto ambiental que ellas producen al desarrollar su actividad.

Los gases de efecto invernadero contribuyen a la retención de la energía de onda corta que emite la superficie terrestre hacia la atmósfera, y como consecuencia promueven el aumento de la temperatura a nivel global, que puede afectar a su vez al clima mundial, alterando los procesos naturales normales, lo que desembocaría en problemas que afectarían a miles de personas.

Cada una de las empresas puede hacer un inventario de las emisiones que generan por sus procesos o por sus productos finales. Se pueden utilizar varias metodologías para encontrar dichas emisiones, y tomar acciones al respecto.

La huella de carbono mide el impacto de sus actividades en la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) producida durante la combustión de combustibles fósiles, y se expresa en toneladas de CO₂ equivalente emitidas (Organización Mundial de la Salud, 2012). La medición de la huella de carbono de una empresa crea verdaderos beneficios para las organizaciones, ya que permite identificar y planear acciones para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. (Huella de carbono, 2009)

La huella de carbono cuantifica la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. Al realizar el cálculo de la huella de carbono se pueden establecer medidas para disminuir estas emisiones. (Observatorio de la Sostenibilidad de España, 2010)

Mediante el presente estudio se pretende calcular las emisiones de gases de efecto invernadero en cantidad de CO₂ equivalente, que tiene la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

Se busca establecer los procesos en los cuales la Facultad está emitiendo CO₂ al ambiente y cuantificarlos para saber cuál es su huella de carbono, usando la metodología GHG Protocol elaborada por World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (WRI, WBCSD, 2013)

Al establecer la huella de carbono para la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, se podrá cuantificar la cantidad de CO₂ equivalente, y determinar los procesos en los cuales dicha entidad está emitiendo más CO₂, y así poder establecer estrategias posteriores para disminuir dichas emisiones.

La presente investigación tiene como objetivos, establecer el método matemático para el cálculo de la huella de carbono institucional para la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial, determinar la emisión de los gases de efecto invernadero en toneladas de CO₂eq en diferentes procesos desarrollados en la institución y

comparar la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial, con otras universidades.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación estima las emisiones de gases de efecto invernadero de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial, tomando en cuenta todas las actividades que pudiesen emitir dichos gases. Para realizar este análisis, se utilizó la metodología de Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, de la Iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, en la cual quedaron definidos tres alcances de la Facultad, el Alcance 1, correspondiente a las emisiones generadas por máquinas y equipos estacionarios propios y emisiones originadas por el uso de combustibles de vehículos propios, Alcance 2, en el cual constan las emisiones generadas por el uso de energía adquirida, en este caso electricidad y por el uso de refrigerantes, y Alcance 3, en el que constan las emisiones indirectas hechas por los viajes aéreos del personal de la institución y el consumo de papel. Se utilizaron factores de emisión para cada uno de los parámetros estipulados en cada uno de los alcances, determinándose de esta manera la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos, posteriormente se utilizó el potencial de calentamiento global para cada gas, obteniendo una cantidad en toneladas de CO₂eq por año. El valor obtenido para la Facultad de Ciencias de la Ingeniería fue de 151,41 tCO₂eq durante el 2009, 129,80 tCO₂eq durante el 2010, 158,58 tCO₂eq durante el 2011 y 142,40 tCO₂eq durante el 2012. Se observó que el Alcance 2 tuvo las mayores emisiones, teniendo un 95,52% de aporte dentro de la huella de carbono. Con respecto a las emisiones por componente de la huella de carbono, se pudo determinar que el consumo de electricidad generó más

emisiones de CO₂eq, aportando con un 83,79% de las emisiones totales de la huella calculada, contrastando con este resultado, las menores emisiones son las hechas por la utilización de vehículos propios, aportando solo con 0,19% del total de la huella. Al comparar la huella de la Facultad con otras universidades, se pudo observar que sus resultados son similares, ya que tanto la Universidad de Alcalá como la de Miami presentan sus mayores emisiones debido al consumo de electricidad, difiriendo únicamente con el CATIE, ya que por su naturaleza netamente agrícola, las mayores emisiones son provocadas por el uso de la finca. Las emisiones de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería se ven reducidas ya que se ha implementado una iniciativa para disminuir el uso de papel, mediante el uso de un sistema de trámites por internet, así como el uso de sensores de movimiento que activan o desactivan el sistema de iluminación. Para la reducción de la huella de carbono de la Facultad se recomienda apagar los equipos de computación de las oficinas durante la noche y proponer estrategias para la reducción de la huella de carbono por estudiante.

PALABRAS CLAVE: CO₂ equivalente, Huella de Carbono, Factor de emisión, Gases de efecto invernadero

SUMMARY

The present research estimates emissions of greenhouse gases within the School of Engineering Sciences of the Universidad Tecnológica Equinoccial, taking into account all the activities that would emit such gases. To make this analysis, it was used the methodology of Standard Corporate Accounting and Reporting Protocol GHG Protocol Initiative Greenhouse Gas, which were defined three scopes of the School, Scope 1, corresponding to emissions from stationary own machinery and equipment and emissions from fuel use of own vehicles, Scope 2, which comprises the emissions generated by the use of acquired energy in this case electricity, and by the use of refrigerants, and Scope 3, indirect emissions, consisting of air travel made by staff of the institution and paper consumption. Emission factors were used for each of the parameters set in each scope, thereby determining the amount of greenhouse gases emitted, subsequently used the global warming potential for each gas, obtaining an amount in tonnes of CO₂eq per year. Getting the carbon footprint of the School of Engineering Sciences was 151,41 tCO₂eq in 2009, 129,80 tCO₂eq in 2010, 158,58 tCO₂eq in 2011 and 142,40 tCO₂e in 2012. It was noted that Scope 2 had the largest emissions, having a 95,52% of contribution in the carbon footprint. Regarding each component emissions of carbon footprint, it was determined that the consumption of electricity generated more CO₂eq emissions, contributing with 83,79% of the total emissions footprint calculated, contrast to this result, lower emissions are made by the use of own vehicles, contributing only 0,19% of the total footprint. By comparing School of Engineering Sciences footprint with other universities, it was observed that the results are similar in with the University

of Alcalá and Miami University, have their higher emissions due to electricity consumption, differing only with CATIE, due to its nature, purely agricultural, the major emissions are caused by the use of the property. Emissions from the School of Engineering Sciences are reduced because it was implemented an initiative to reduce paper usage, by using a system of online transactions, as well as the use of motion sensors that activate or deactivate the lighting system. For the reduction of the carbon footprint of the School, switch off computer equipment office overnight and establish some strategies in order to reduce the carbon footprint per student.

KEYWORDS: Carbon Footprint, CO₂ equivalent, Emission Factor, Greenhouse gases.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

I. Revisión de Literatura

1.1. Cambio climático

Al referirse al cambio climático, se contemplan cambios de clima a una escala regional o global. Estos cambios se producen a diversas escalas de tiempo, considerándose parámetros climáticos, como temperatura, precipitación, nubosidad; entre otros, que varían debido a causas naturales y humanas.

El cambio climático es un problema a nivel mundial. Evidencias de este cambio son: un aumento de la temperatura global debido al aumento del efecto invernadero, cambios en el nivel del agua de los mares, deshielos polares, entre otros; todas estas alteraciones generan sequías, incendios forestales, olas de calor, inundaciones, lluvias torrenciales, huracanes y otros desastres naturales reportados en todo el mundo. (Universidad San Francisco de Quito, 2012)

Existen varias instituciones que se preocupan por el cambio climático global, tal es el caso del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, que toma a dicho cambio como un desafío ante el estrés que presentan las sociedades y el ambiente en general, considerando varios ámbitos tales como cambios climáticos, amenazas a la producción de alimentos, la elevación del nivel del mar, entre otros, contribuyendo de esta manera con estudios para prevenir posibles afectaciones a los ecosistemas. (UNEP, 2012)

Otra de las instituciones que están a cargo de las investigaciones del cambio climático es la IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, la cual efectúa estudios y recopila información, dando informes periódicos sobre sus análisis.

La IPCC presentó en el 2007 su último informe, el cual se resume a continuación:

- Diez de los once años del periodo 1995-2006 estuvieron en el ranking de los 12 años más cálidos en el registro instrumental, teniendo un incremento del 0,74°C de la temperatura global en los últimos 100 años.
- Observaciones desde 1960 mostraron que los océanos han estado absorbiendo 80% del calor agregado al sistema climático, y que la temperatura en los océanos ha aumentado hasta profundidades de 300 m.
- Las temperaturas en el ártico se han incrementado con una tasa que es el doble que la tasa de temperatura mundial, en los últimos 100 años.
- Es probable que los gases de invernadero hayan causado más calentamiento del observado, este calentamiento pudo ser una mezcla del efecto enfriador de los volcanes y de los gases de aerosol emitidos por humanos.
- Las temperaturas medias del hemisferio norte durante la segunda mitad del siglo XX fueron más altas que cualquier periodo de 50 años en los 500 años anteriores y los más altos de los últimos 1 300 años.

- Pérdidas en los capas de hielo de Groenlandia y Antártida han sido muy probablemente mayores al 90% contribuyendo al aumento del nivel del mar entre 1993-2003.
- El nivel del mar se ha incrementado a una tasa media de 1,8 mm/año durante 1961-1993, y durante el periodo 1993-2003 ha aumentado la tasa a 3,1 mm/año.
- Se ha incrementado la intensidad de los huracanes en el Atlántico Norte desde los años 70 y este incremento está correlacionado con el incremento de la temperatura en la superficie del agua.
- El incremento observado en la intensidad de los huracanes es mayor de lo que los modelos climáticos predicen para los cambios experimentados en la temperatura de la superficie, siendo la actividad humana una de sus posibles causas.

1.1.1. Distribución de la radiación solar

La Tierra recibe una gran cantidad de energía proveniente del Sol, pero la atmósfera constituye un importante filtro que hace inobservables radiaciones de longitud de onda inferior a las 0,29 micras por la fuerte absorción del ozono y oxígeno.

No todos los puntos de la superficie terrestre reciben la misma cantidad de radiación solar. La posición relativa de la Tierra respecto al Sol, y el movimiento de la misma alrededor del astro condicionan, por ejemplo, que en el ecuador se reciba más energía que en los polos y que en verano llegue más radiación solar que en invierno, como se puede apreciar en la Figura 1.

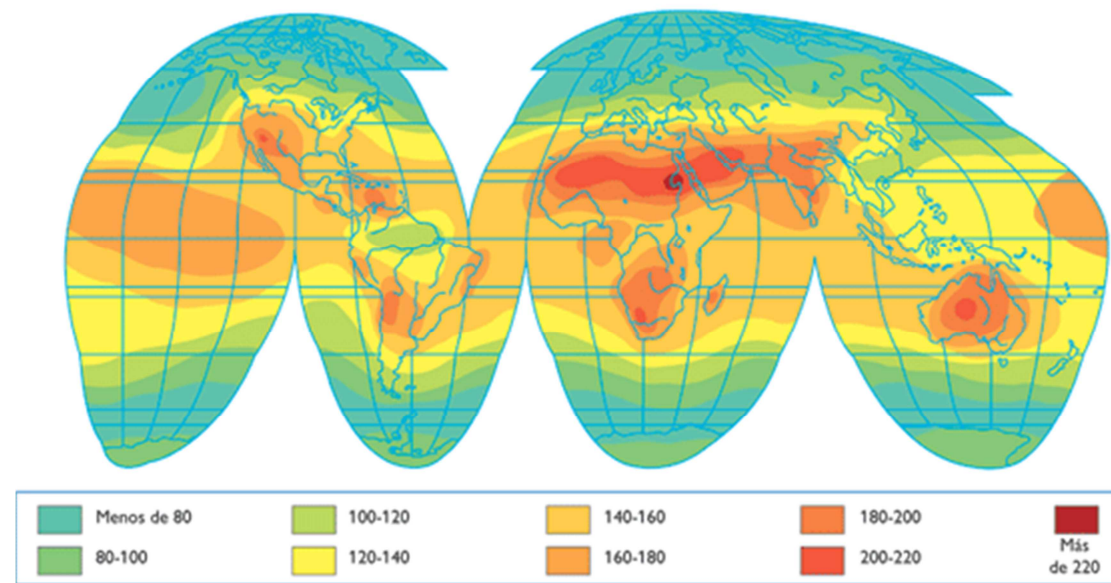


Figura 1. Distribución de la radiación solar que llega a la Tierra expresada en kcal/cm²/año

Fuente: **(Sarmiento, 2007)**

Los valores más altos de radiación a nivel del suelo se registran en algunos desiertos, donde se han llegado a medir 220 kcal/(cm²/año). Los mínimos se dan en los polos, donde hay estimaciones inferiores a 80 kcal/(cm²/año). (Savornin, 2011)

1.1.2. Balance de la radiación solar

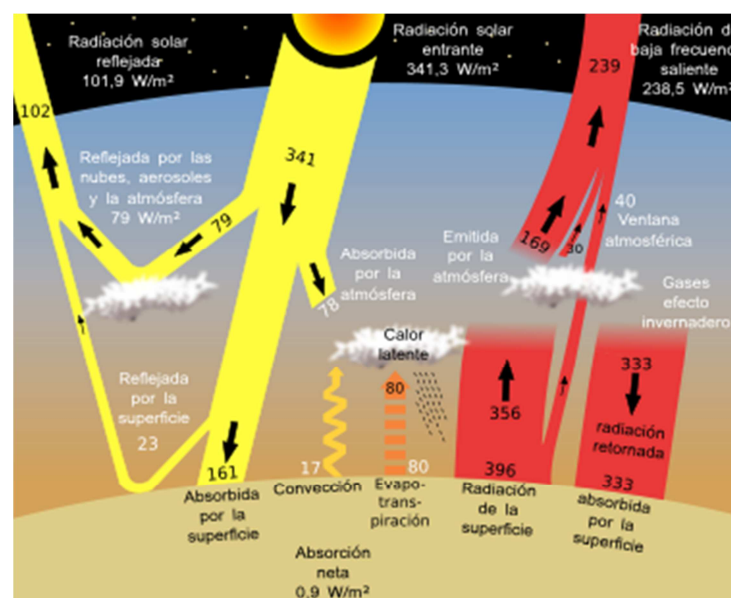
La cantidad media de energía que recibe la Tierra resulta de dividir la constante solar, 1368 W/m², para 4, teniendo un resultado de 342 W/m².

Parte de la radiación solar que llega a la Tierra es reflejada, el porcentaje reflejado se denomina albedo, el cual depende de los materiales que constituyan una superficie o un determinado lugar, teniendo un albedo planetario medio de 30%, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Albedo medio de algunas superficies sobre la superficie terrestre

Material	Albedo (%)
Nieve polvo	80 – 95
Hielo	50 – 60
Nube densa	70 – 80
Nube ligera	20 – 30
Agua (Sol en el horizonte)	50 - 80
Agua (Sol en el cenit)	2 – 5
Asfalto	10 – 20
Cultivos	10 – 25
Terreno seco	20 – 25
Superficie terrestre	4
Albedo planetario	30 - 35

Fuente: (Zuñiga & Crespo, 2010)

**Figura 2.** Flujos de energía solar

Fuente: (Castellis, 2012)

De la Figura 2, se puede deducir que: (Ayllón, 2003)

- 17% de la radiación incidente es absorbida por la atmósfera (*depleción*)

- 43% absorbida por superficie terrestre (*insolación*)
- 60% de la radiación solar entrante es térmicamente efectiva
- Los gases de efecto invernadero intervienen en la retención de la radiación.

1.1.3. Forzamiento radiativo

Es el cambio en el balance entre la radiación solar que entra y la radiación infrarroja que sale de la Tierra, expresada en W/m^2 , debido por ejemplo, a una alteración en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera o a cambios en la energía solar que incide en el planeta. La palabra radiativo proviene del hecho de que estos factores cambian el equilibrio entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja saliente dentro de la atmósfera terrestre. El equilibrio radiativo controla la temperatura de la superficie terrestre. El término forzamiento se utiliza para indicar que el equilibrio radiativo de la Tierra está siendo separado de su estado normal. (IPCC, 2007)

Cuando el forzamiento radiativo de un factor o grupo de factores se evalúa como positivo, la energía del sistema atmosférico se incrementará posteriormente, conduciendo al calentamiento del sistema. Por el contrario, un forzamiento radiativo negativo hará que la energía disminuya ulteriormente, conduciendo a un enfriamiento del sistema.

Las actividades humanas provocan cambios significativos en los gases de larga vida, en el ozono, en el vapor de agua, en el albedo de la superficie, en los aerosoles y en las estelas de condensación. (IPCC, 2007)

Se estima que en el período comprendido entre 1750 y 2000, este forzamiento, atribuido al aumento de los gases de efecto invernadero en su conjunto, ha alcanzado el valor de $+2,43 \text{ W/m}^2$: $+1,46 \text{ W/m}^2$ debido al CO_2 ; $+0,48 \text{ W/m}^2$ debido al CH_4 ; $+0,34 \text{ W/m}^2$ debido a los halocarbonos y $+0,15 \text{ W/m}^2$ debido al N_2O . (Osnaya, 2004)

El forzamiento radiativo del ozono troposférico, el cual es un gas de efecto invernadero de vida corta, es de $+0,35 \text{ W/m}^2$ y el del carbón negro es de $+0,1 \text{ W/m}^2$. Hay ciertas actividades, que tienen un forzamiento radiativo negativo, como el uso de la tierra, con un $-0,2 \text{ W/m}^2$, el ozono estratosférico con un forzamiento radiativo negativo de $-0,05 \text{ W/m}^2$, el efecto del aerosol con $-0,5 \text{ W/m}^2$, el efecto del albedo de las nubes con $-0,7 \text{ W/m}^2$, (IPCC, 2007)

En la figura 3, se muestra un promedio del forzamiento radiativo mundial.

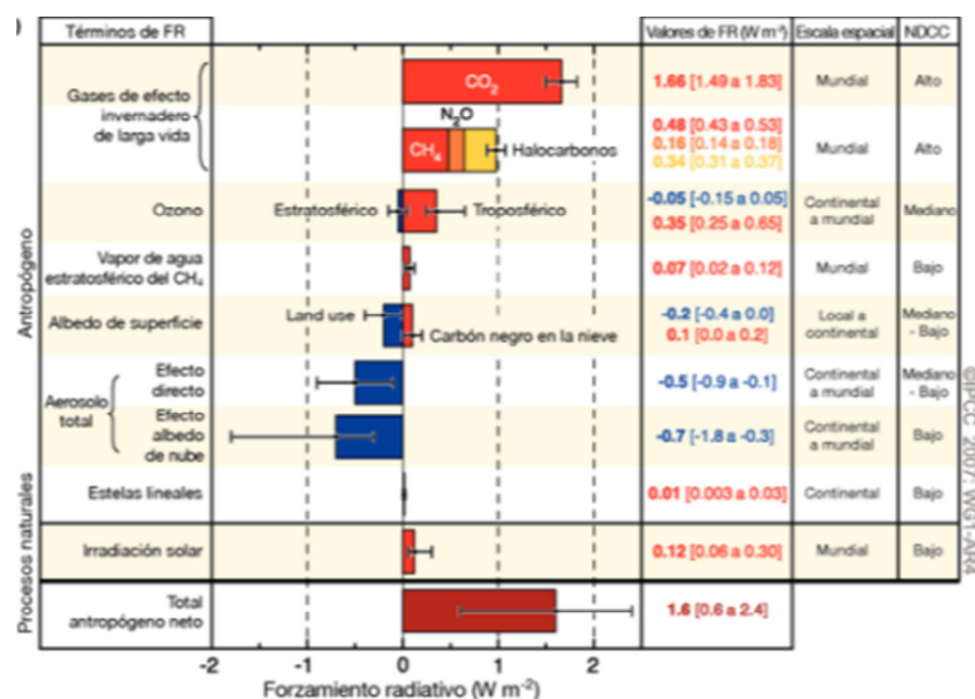


Figura 3. Forzamiento radiativo promedio mundial.
Fuente: (IPCC, 2007)

1.1.4. Potencial de calentamiento global

Es el forzamiento radiativo acumulado de las emisiones de una masa unitaria de gas en relación con un gas de referencia, CO₂, considerando tanto los efectos directos como los indirectos, en un horizonte de tiempo especificado, y constituye una forma de comparar el cambio climático potencial asociado con las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero. (IPCC, 2007)

Como se mencionó, el gas de referencia es el CO₂, por lo que las emisiones son ponderadas por el potencial de calentamiento global, que se miden en teragramos de equivalentes de CO₂. (Osnaya, 2004)

La expresión utilizada para el cálculo se muestra en la Ecuación 1:

$$TgCO_2eq = Gg(gas) \times \frac{PCG}{1000}$$

[1]

Donde;

Tg CO₂eq = teragramos de equivalentes de CO₂.

Gg = los gigagramos (mil toneladas métricas) del gas estudiado.

PCG = siglas de Potencial de Calentamiento Global del gas estudiado.

1/1 000 = es el factor de conversión de gigagramos a teragramos.

En el protocolo de Kyoto, para realizar las equivalencias entre los distintos tipos de GEI, se adoptaron 100 años como horizonte de tiempo, como lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Calentamiento potencial global de los gases de efecto invernadero

Especies	Formula química	Tiempo de vida (años)	Potencial de calentamiento global (Horizonte de tiempo)		
			20 años	100 años	500 años
CO ₂	CO ₂	variable	1	1	1
Metano	CH ₄	12±3	72	25	7,6
Óxido nitroso	N ₂ O	120	289	298	153
HFC-23	CHF ₃	264	9 100	11 700	9800
HFC-32	CH ₂ F ₂	5,6	2 100	650	200
HFC-41	CH ₃ F	3,7	490	150	45
HFC-43-10	C ₅ H ₂ F ₁₀	17,1	3 000	1 300	400
HFC-125	C ₂ HF ₅	32,6	4 600	2 800	920
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	10,6	2 900	1 000	310
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14,6	3 400	1 300	420
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	1,5	460	140	42
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	3,8	1000	300	94
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	48,3	5 000	3 800	1 400
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	36,5	4 300	2 900	950
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	209	5 100	6 300	4 700
HCFC-22	CHClF ₂	12	5 160	1 810	549
Hexafluoro de azufre	SF ₆	3 200	16 300	23 900	34 900
Perfluorometano	CF ₄	50 000	4 400	6 500	10000
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	10 000	6 200	9 200	14 000
Perfluoropropano	C ₃ F ₈	2 600	4 800	7 000	10 100
Perfluorobutano	C ₄ F ₁₀	2 600	4 800	7 000	10 100
Perfluorociclobutano	c-C ₄ F ₈	3 200	6 000	8 700	12 700
Perfluoropentano	C ₅ F ₁₂	4 100	5 100	7 500	11 000
Perfluorohexano	C ₆ F ₁₄	3 200	5 000	7 400	10 700

Fuente: (IPCC, 2007)

De la tabla anterior, se puede inferir que, por ejemplo, el metano tiene un potencial de calentamiento global en veinte años de 72, eso quiere decir que es 72 veces más potente que el CO₂, pero que en el transcurso de 100 años su potencial de calentamiento global será de 25.

1.1.5. Efecto invernadero

Las actividades humanas juegan un papel importante en el cambio climático global, debido a esto se ha encontrado que los gases de efecto invernadero tienen un papel importante en el mismo, de hecho se han estudiado sus efectos desde hace varios años.

El efecto invernadero fue descubierto por Joseph Fourier en 1824, con los primeros experimentos confiables realizados por John Tyndall en el año 1858 y reportado por primera vez de manera cuantitativa por Svante Arrhenius en 1896, ya que probó la relación del aumento de CO₂ con el incremento de la temperatura. (Cambio climático global, 2013)

De hecho el planeta necesita el efecto invernadero, ya que es un proceso natural, en el cual la emisión de la radiación infrarroja por la atmósfera calienta la superficie del planeta.

De manera natural, la atmósfera actúa como una manta aislante, la cual atrapa suficiente energía de onda corta emitida por la superficie de la tierra y mantener así un promedio de temperatura global, en un rango confortable que soporte la vida.

La atmósfera es en realidad una acumulación de varios gases atmosféricos, tales como N_2 con un 78%, O_2 con un 21% y una mezcla de gases, en donde se encuentra el CO_2 , con 1%. (Ayllón, 2003)

Estos gases son relativamente transparentes para la luz proveniente del Sol, y lo suficientemente opacos para retener la energía irradiada por la superficie terrestre. Ésta es la razón de porque la atmósfera terrestre no registra temperaturas muy altas durante el día ni extremadamente bajas en la noche, en lugar de esto, la atmósfera tiene moléculas que absorben e irradian el calor en todas direcciones, las cuales reducen el calor perdido. (Casper, 2009)

De esta manera los gases de efecto invernadero pueden mantener en una temperatura estable a la atmósfera terrestre, de hecho sin la existencia de estos gases, la vida en la Tierra no podría ser posible, ya que mantiene una temperatura relativamente estable, teniendo un promedio de temperatura de $14,45^\circ C$. (WMO, 2012)

En la figura 4, se observa como los gases de efecto invernadero contribuyen para evitar que la longitud de onda infrarroja salga, teniendo como consecuencia un aumento de temperatura.



Figura 4. Efecto invernadero

Fuente: (IPCC, 2008)

1.1.5.1. Gases de efecto invernadero

Se denominan gases de efecto invernadero, GEI, a los gases cuya presencia en la atmósfera hace posible el efecto invernadero, es decir permiten que la temperatura terrestre se mantenga dentro de un rango aceptable para la vida, la mayoría de gases son de origen natural, pero en la actualidad se han incrementado la cantidad de gases de efecto invernadero producidos por el hombre. (Amestoy, 2010)

Sin el efecto invernadero natural, la temperatura de la Tierra, sería de alrededor de -18°C , de aquí su importancia para la regulación térmica del planeta. (NOAA, 2012)

1.1.5.2. Clasificación de los gases de efecto invernadero

Los principales gases de efecto invernadero, son denominados de larga duración, ya que permanecen por mucho tiempo en la atmósfera son; el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido de nitrógeno (N_2O). Existen otros gases que también contribuyen al calentamiento global, y son los clorofluorcarbonados (CFC), los hidrofluorcarbonados (HFC), los perfluorcarbonados (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). (OMM, 2012)

Por acuerdo internacional, se determinó que es indispensable controlar las emisiones de seis de los gases de efecto invernadero (GEI) debido a su impacto en la atmósfera. Esto se aprobó en 1997 mediante el texto del Protocolo de Kyoto de la CMNUCC. (Tecnológico de Monterrey, 2010)

Los gases a controlarse son:

- Vapor de agua
- Dióxido de carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido nitroso (N_2O)
- Hidrofluorcarbonos (HFCs)
- Perfluorcarbonos (PFCs)
- Hexafluoruro de azufre (SF_6)

1.1.5.2.1. Vapor de agua

El principal gas invernadero es el vapor de agua (H₂O), responsable de dos terceras partes del efecto invernadero natural. En la atmósfera, las moléculas de agua atrapan el calor que irradia la Tierra y la irradian a su vez en todas las direcciones, calentando la superficie terrestre, antes de devolverlo de nuevo al espacio. (Baethgen & Martino, 2013)

1.1.5.2.2. Dióxido de Carbono (CO₂)

El elemento que más contribuye al efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO₂). En general, es responsable de más del 60% del efecto invernadero intensificado. En los países industrializados, el CO₂ representa más del 80% de las emisiones de gases invernadero. Entre 1970 y 2004, sus emisiones anuales han aumentado, como se mencionó, en aproximadamente un 80%, pasando de 21 a 38 Gt, y en 2004 representaban un 77% de las emisiones totales de GEI antropogénicos. (IPCC, 2008)

1.1.5.2.3. Metano (CH₄)

Es el segundo gas que más contribuye al efecto invernadero acentuado es el metano (CH₄). Desde el principio de la Revolución Industrial, las concentraciones de metano en la atmósfera se han duplicado y han contribuido un 20% al incremento del efecto invernadero. En los países industrializados, el metano representa normalmente el 15% de las emisiones de los gases invernadero. (Baethgen & Martino, 2013)

1.1.5.2.4. Óxido de nitrógeno (N₂O)

El óxido nitroso (N₂O) contribuye aproximadamente al 6% del forzamiento radiativo ocasionado por los gases de efecto invernadero de larga duración y es actualmente el tercer gas que más contribuye a esa cifra. Las emisiones de este gas a la atmósfera proceden de fuentes naturales de aproximadamente en un 60% y antropogénicas en aproximadamente el 40%. Este gas proviene particularmente de los océanos, el suelo, la combustión de biomasa, el uso de fertilizantes y diversos procesos industriales. (OMM, 2012)

1.1.5.2.5. Halocarbonos y compuestos relacionados

Estos compuestos contienen carbono, flúor, cloro, bromo o yodo, son sustancias producidas por el hombre y que tienen efectos directos e indirectos en el forzamiento radiativo. Algunos compuestos que tienen cloro (CFCs) o bromo (bromuro de metilo), son sustancias que agotan el ozono de la estratosfera, y se controlan por el protocolo de Montreal, en cambio los halocarbonos controlados por el protocolo de Kyoto son los hidrofluorocarbonos (HFCs) y los perfluorocarbonos (PFCs). (OMM y PNUMA, 2001)

1.1.5.2.6. Hexafluoruro de azufre

Es un gas de invernadero con un potencial de calentamiento global de 23 900. Generalmente es utilizado como aislante en interruptores y equipos eléctricos, también es generado por fugas en procesos de fabricación de semiconductores y manufacturación de magnesio. Las concentraciones actuales en la atmósfera son bajas, de alrededor de 4,2 ppb, y se proyecta

que alcanzará concentraciones atmosféricas entre 35 y 65 ppb, hasta el año 2100. (Martínez & Adrián, 2004)

1.1.5.3. Emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global

A nivel global existen muchas fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, de lo nombrado anteriormente, hay varios tipos de gases que tienen el efecto de atrapar el calor en la atmósfera sin dejarlo escapar.

En la Figura 5, se puede apreciar el porcentaje de cada tipo de gas de efecto invernadero emitido a nivel global.

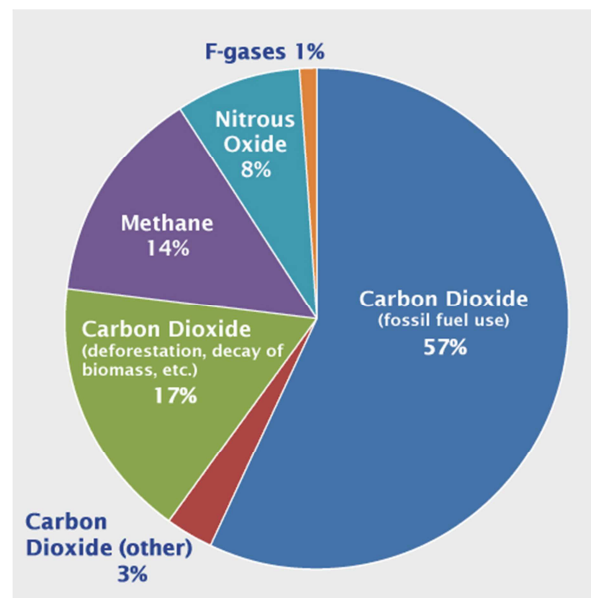


Figura 5. Emisiones globales por tipo de gas de efecto invernadero

Fuente: (IPCC, 2007)

En la figura anterior se puede observar que el gas más emitido es el CO₂, provenientes del uso de combustibles fósiles, con un 57%, en tanto que el CO₂, proveniente de la deforestación y de la descomposición de la biomasa tiene un 17%, el metano con un 14% y el óxido nitroso con un 8%.

1.1.5.4. Emisiones globales por tipo de fuente

En el estudio realizado por la IPCC en el 2007, las emisiones de los gases de efecto invernadero también pueden ser desglosadas por tipo de actividad o fuente, así:

Suministro de energía: La quema de carbón, gas natural y petróleo para la electricidad son las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero.

Industria: En este sector se incluye principalmente la quema de combustibles para energía propia, además de emisiones de sectores como la metalúrgica, química y minera.

Uso del suelo y silvicultura: Mayormente en este sector se encuentran emisiones de CO₂, provenientes de las emisiones de deforestación, avance de la frontera agrícola e incendios.

Agricultura: Las emisiones de esta actividad mayormente provienen del manejo de suelos agrícolas, ganado, producción de arroz, y quema de biomasa.

Transporte: Las emisiones de este sector provienen de la quema de combustibles fósiles para todo tipo de transporte, aéreo, marítimo y terrestre, con combustibles como gasolina y diesel.

Edificios residenciales y comerciales: Las emisiones de este sector provienen de la energía generada en el lugar, y quema de combustible para generación de calor o para las cocinas.

Residuos y aguas residuales: La mayor cantidad de emisiones en este sector está dada por el metano (CH₄), en los vertederos y en las aguas residuales.

En la Figura 6, se puede observar los tipos de fuentes expresadas anteriormente en porcentajes.

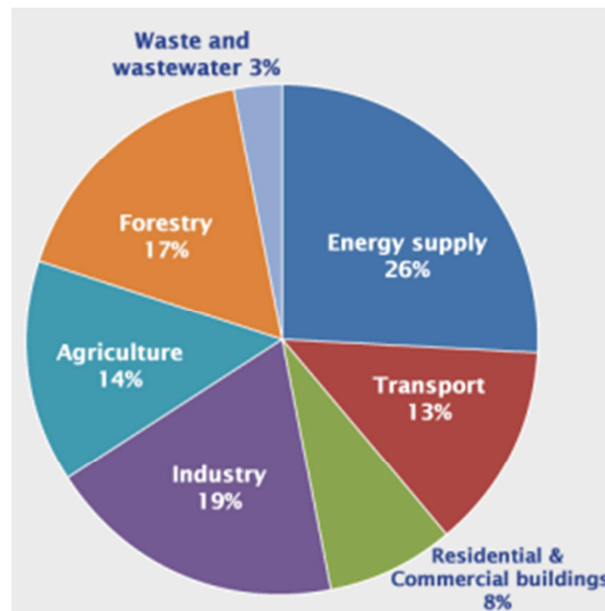


Figura 6. Emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de fuente

Fuente: (IPCC, 2007)

En la figura anterior, se puede observar como el suministro de energía tiene mayor emisión de gases de efecto invernadero, con un 26%.

1.1.5.5. Emisiones de gases de efecto invernadero por país

Debido a la preocupación a nivel global, por la emisión de gases de efecto invernadero expuesto en el protocolo de Kyoto, de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), los países trataron de evidenciar las cantidades de gases de efecto invernadero

emitidas a la atmósfera, por ello se han obtenido datos de emisiones globales y por país.

En la Figura 7, se indica las emisiones de gases de efecto invernadero por país, China y Estados Unidos son los que más emisiones tienen.

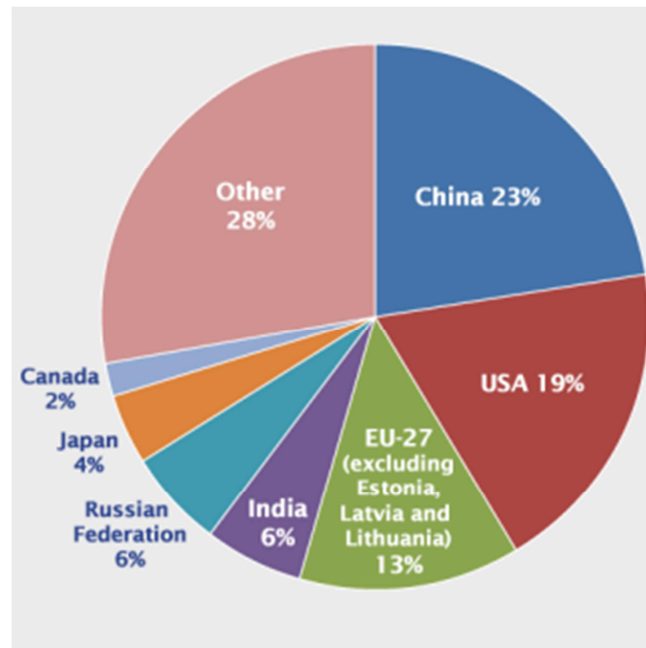


Figura 7. Emisiones de gases de efecto invernadero por país

Fuente: (EPA, 2011)

1.1.5.6. Emisiones de gases de efecto invernadero en Ecuador

En el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), todas las Partes que suscribieron y la ratificaron deben preparar y presentar su Comunicación Nacional, documento que presente toda la información sistematizada de las iniciativas de mitigación y adaptación que realizan en sus países, y el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, el cual incluye los niveles de emisiones nacionales de aquellos gases controlados por el Protocolo de Kyoto. (Ministerio del Ambiente, 2011)

El Ecuador cuenta con un inventario, para los años 1990, 1994, 2000 y 2006, utilizados para la preparación de la Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático.

En la Figura 8, se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por sectores; energía, desechos, agricultura, procesos industriales y cambio de suelo y silvicultura.

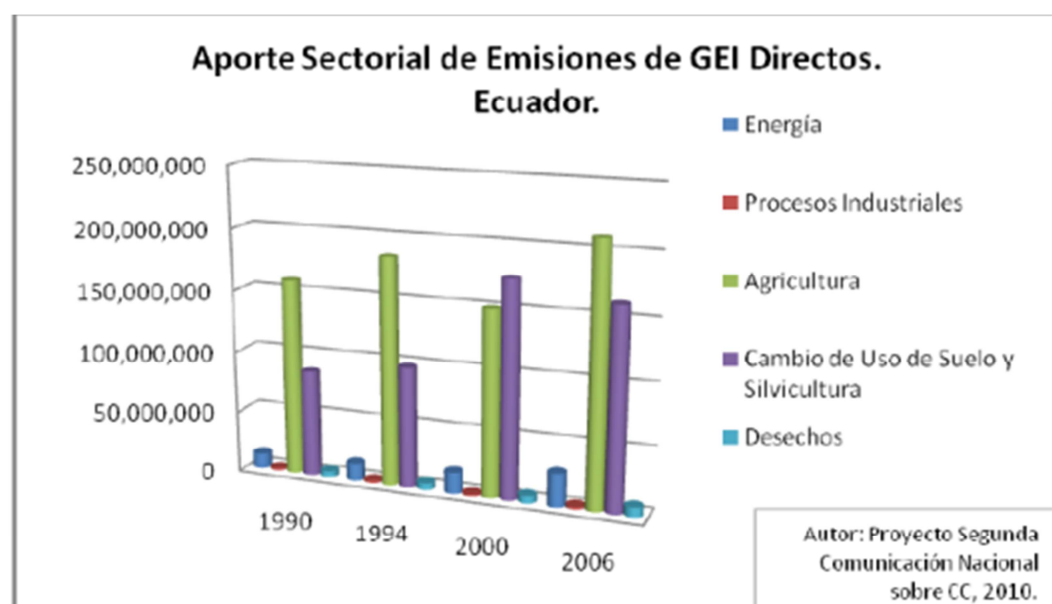


Figura 8. Aporte sectorial de Emisiones de gases de efecto invernadero directos del Ecuador (t CO₂eq)

Fuente: (Cáceres & Nuñez, 2011)

Las emisiones totales de los tres gases de efecto invernadero (N₂O, CO₂ y CH₄) en Ecuador pasaron de 265 139,7 kt CO₂eq, en el año 1990, a 410 010,75 kt CO₂eq en 2006. Es decir, hubo un incremento porcentual del 54,6% en 16 años. (Cáceres & Nuñez, 2011)

En el informe también se encuentran las evoluciones de los gases de efecto invernadero por tipo de gas como se muestran en la figura 9.

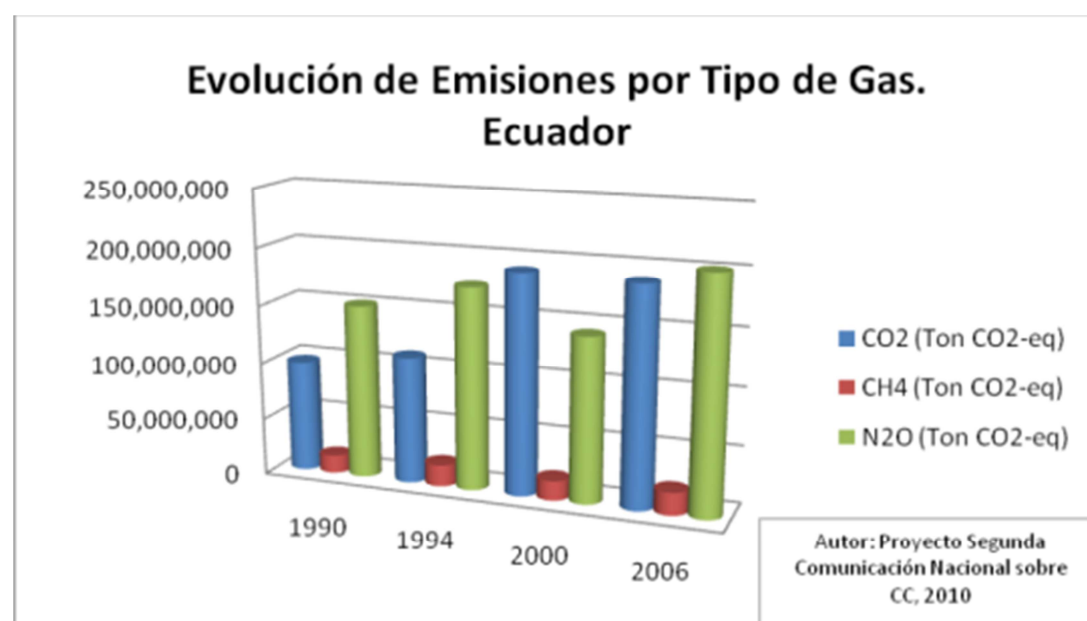


Figura 9. Evolución de las emisiones por tipo de gas (t CO₂eq)

Fuente: (Cáceres & Nuñez, 2011)

Las emisiones anuales de óxido nitroso (N₂O) variaron de 151 590 kt CO₂eq en 1990 a 201 581 kt CO₂eq en 2006, lo cual significó un incremento del orden del 33%.

El segundo gas más emitido en volumen en Ecuador es el dióxido de carbono. Desde el año 1990, las emisiones de este GEI casi se duplicaron en magnitud y pasaron de 98 069 kt CO₂eq a 188 973,6 kt CO₂eq en 2006.

El metano es el tercer GEI en Ecuador por su volumen de emisiones, se incrementó entre 1990 y 1994 en un 18,6% para luego disminuir levemente al año 2000 con relación a 1994. La disminución en el año 2000 respondió a la reducción del número de animales en pastoreo, que resultó obviamente en menores emisiones de metano, tanto por fermentación entérica como por el manejo del estiércol. (Cáceres & Nuñez, 2011)

1.2. Marco Legal para Gases de efecto invernadero

1.2.1. Marco Legal Ecuatoriano

La Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 414 establece que “el Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo”.

El Ecuador marcó en el Plan Nacional para el Buen Vivir, una política sumamente importante en el desarrollo del control de los gases de efecto invernadero y del cambio climático: Política 4.5: “Fomentar la adaptación y mitigación a la variabilidad climático con énfasis en el proceso de cambio climático.”

El Presidente de la República del Ecuador, a través del Decreto Ejecutivo 1815 promulgado el primero de julio de 2009, declara la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos como política de Estado. (Albán & Prócel, 2012)

En el año 2011, se firma el decreto ejecutivo 495, para la creación del Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC) con fines de integrar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en organismos y empresas del sector público. (Ministerio del Ambiente, 2011)

1.2.2. Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un protocolo de la CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5 %, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. (Naciones Unidas, 1998)

El protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kyoto, Japón, pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005.

El Protocolo de Kyoto fue ratificado por el Gobierno ecuatoriano el 13 de enero de 2001. Como parte de su compromiso bajo la CMCC, ha adoptado el Plan de Acción Nacional sobre Cambio Climático. (Ministerio de Energía y Minas y EL Ministerio del Ambiente, 2002)

La decimoctava Conferencia de las Partes sobre cambio climático ratificó el segundo periodo de vigencia del Protocolo de Kyoto desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020.

Durante la mencionada conferencia, el Ecuador presentó varias propuestas, entre ellas Emisiones Netas Evitadas (ENE), iniciativa que se ha sido reconocida a nivel mundial, la cual se refiere a las emisiones de GEI que pudiendo ser realizadas, según la capacidad económica actual de un país en

desarrollo, no lo son. Las emisiones evitadas permiten que exista una reducción neta, a nivel nacional y global, que debe ser compensada por los países desarrollados. (Correa, y otros, 2010)

1.3. Comercio de emisiones

Los sistemas de comercio de emisiones, también llamados “sistemas cap-and-trade” (de límites máximos y comercio), constituyen un enfoque para resolver, entre otros, problemas de emisiones de gases de efecto invernadero, basados en el mercado. Si son bien diseñados e implementados pueden ser económicamente eficientes, pues proveen incentivos a los participantes para que éstos reduzcan sus emisiones de manera flexible, en función de sus propias estructuras productivas, tecnológicas y de costos. Dentro de este contexto el mercado de carbono europeo es el principal a nivel mundial. (Finanzas Carbono, 2013)

El sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea (European Union Emission Trading Scheme, o EU ETS, por sus siglas en inglés) es un sistema de comercio de permisos de emisión creado en el año 2005 con el objetivo de que los países europeos ganen experiencia y se prepararen para cumplir con sus compromisos cuantitativos de reducción de emisiones asumidos en el marco del Protocolo de Kyoto. (SENDECO2, 2013)

Los participantes del EU ETS pueden reducir sus emisiones internamente (mediante recambio tecnológico, implementación de prácticas de eficiencia energética, etc.) o acudir al mercado, donde pueden comprar tanto créditos que se asignan a empresas cubiertas por la EU ETS, llamadas Emission Allowances (EUAs) de otras instalaciones excedentarias, o bien

certificados de reducción de emisiones generados por proyectos realizados en países en desarrollo o en Europa del Este. Los certificados provenientes de proyectos de mitigación realizados en países en desarrollo, en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), se llaman “CERs” (Certified Emission Reductions) y los provenientes de países de Europa del Este y generados en el marco del Mecanismo de Implementación Conjunta (MIC) se llaman “ERUs” (Emission Reduction Units). (Finanzas Carbono, 2013)

1.3.1. Mecanismo de desarrollo limpio

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) es el mecanismo de flexibilidad del Protocolo de Kyoto mediante el cual los países en desarrollo pueden participar del esfuerzo global de mitigación del cambio climático. A través de esta iniciativa, estos países reciben un flujo de recursos por la ejecución de proyectos que reducen emisiones de gases de efecto invernadero, estos recursos se originan de la venta de certificados de reducción de emisiones llamados “CERs” (Certified Emission Reductions). (Finanzas Carbono, 2013)

Los mecanismos de desarrollo limpio pueden integrar: (Cavallucci, 2009)

- La transferencia de tecnología y recursos financieros a los países en vías de desarrollo.
- La utilización de tecnologías más limpias e innovadoras.
- El incremento en la eficiencia energética y producción de energía sostenible.
- La reducción de la contaminación ambiental.

- La reducción de la dependencia de combustibles fósiles, que alivia la carga presupuestaria en la importación de los mismos.
- La contribución económica al país mediante el pago de impuestos.
- El desarrollo de capacidades humanas y tecnológicas en los sectores público y privado.
- El alivio de la pobreza y mejoramiento de las condiciones de equidad como resultado de la generación de nuevas fuentes de ingreso y empleo.
- La contribución al desarrollo rural mediante el acceso a fuentes de energía en zonas rurales, centros de educación y salud.

Estos tipos de proyectos se certifican mediante los CERs, Certificados de emisiones reducidas, los cuales son documentos con valor comercial que certifican la verificación de las emisiones reducidas provenientes de la implementación de un proyecto MDL en un país en desarrollo.

La venta de los CER a los países industrializados mediante el mercado de carbono genera ingresos a los países en donde se desarrollan los proyectos.

La venta de estos certificados son propiedad de la persona jurídica que hace la transacción en el mercado de carbono y los ingresos generados por su venta pueden ser utilizados en: (SNV, 2009)

- Inversión interna del proyecto.
- Inversión en actividades sociales, ambientales y económicas en el área de influencia del proyecto, que demuestren la distribución de los beneficios generados por el proyecto. Ejemplos de esas actividades

son: reforestación, promoción de la conservación de los bosques y de las fuentes de agua, inversión en la formación de mano de obra calificada, donaciones para la educación o para los centros de salud, entre otras.

1.3.1.1. Proyectos MDL en el Ecuador

En Ecuador, el mercado de carbono está presente desde el año 2003, es decir, se desarrollan proyectos de mecanismos de desarrollo limpio (MDL), el cual ha estado en constante crecimiento hasta la actualidad.

Los últimos resultados mostrados por el Ministerio del Ambiente, muestran como hasta junio del 2011 se han presentado 92 proyectos participantes del mercado de carbono, en la tabla 3, se puede observar como los proyectos de tipo energía hidroeléctrica son los más numerosos con 40 proyectos.

Tabla 3. Tipos de proyectos MDL en el Ecuador

Tipo	Número de proyectos	Localización
Hidroeléctrica	40	Morona Santiago, Azuay, Guayas, Los Ríos, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Carchi, Pichincha, Napo, Bolívar, Cotopaxi, Macas.
Tratamiento de desechos	11	Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas
Agricultura	3	Santo Domingo de los Tsáchilas
Forestación	10	Pichincha, Sucumbíos, Esmeraldas, Imbabura, Carchi, Chimborazo
Recuperación de GAS	9	Guayas, Tungurahua, Pichincha, Azuay.
Energía Eólica	6	Galápagos, Imbabura, Loja
Geotérmica	3	Carchi, Imbabura, Napo, Pichincha
Eficiencia Energética	9	Orellana
Transporte	1	Pichincha
Total	92	

Fuente: (Gallegos, 2013)

Existen 5 proyectos, Hidroeléctrica Rio Calope, Hidroeléctrica Paute-Sopladora, Relleno sanitario Inga I y II, Proyecto OGE y Proyecto Focos Ahorradores que, al implementarse, reducirían aproximadamente 21 millones de toneladas de CO₂, los cuales generarán beneficios de hasta USD 268 millones de dólares. (Gallegos, 2013)

1.4. Huella ecológica

La Huella Ecológica es un indicador contable de recursos que cuantifica la demanda humana sobre la biosfera. La Huella mide el área biológicamente productiva de tierra y agua que se necesita para producir todos los recursos que consume la humanidad, y para absorber los desechos generados. (Schneider & Samaniego, 2010)

La Huella Ecológica puede ser comparada directamente con la biocapacidad, un indicador complementario que rastrea la capacidad regenerativa real disponible para cubrir las demandas humanas. La biocapacidad de la Tierra es finita, sólo existe una determinada cantidad de tierra productiva, y así las necesidades humanas compiten por el área productiva. (Secretaría del Ambiente de Quito, 2009)

La huella ecológica se expresa como el total de superficie ecológicamente productiva necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano medio de una determinada comunidad humana, así como la necesaria para absorber los residuos que genera, independiente de la localización de éstas. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, 2008)

La huella fue concebida en los años noventa por Mathis Wackernagel y William Rees de la Universidad de British Columbia, y en la actualidad es ampliamente utilizada por investigadores, empresarios, gobiernos, agencias, individuos e instituciones para monitorear el uso de los recursos y el avance del desarrollo.

Incluye sólo la superficie ecológicamente productiva para usos humanos, excluyendo, por ejemplo a desiertos y polos. Considera la superficie terrestre y marina que soporta la actividad fotosintética y la biomasa empleada por los humanos. No incluye áreas no productivas, áreas marginales con vegetación no distribuida homogéneamente, ni biomasa que no es usada por los humanos. (Schneider & Samaniego, 2010)

Según Carballo, y otros, 2008, la Huella Ecológica es dividida en distintas subhuellas, empleando las seis siguientes:

1. **Cultivos.** Aquella superficie en la que los humanos desarrollan actividades agrícolas, suministrando productos como alimentos, fibra, aceites, etc.
2. **Pastos.** Área dedicada a pastos, de donde se obtienen determinados productos animales como carne, leche, cuero y lana.
3. **Bosques.** La superficie ocupada por los bosques, de donde se obtienen principalmente productos derivados de la madera, empleados en la producción de bienes, o también combustibles como la leña.
4. **Mar.** La superficie marítima biológicamente productiva aprovechada por los humanos para obtener pescado y mariscos.

5. **Superficie construida.** Área ocupada por edificios, embalses y otro tipo de infraestructura, por lo que no es un área biológicamente productiva.
6. La sexta subhuella es la denominada superficie de captación de carbono, la cual se define como, el área de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles y es considerada una subcategoría de los Bosques. (Ewing, y otros, 2008)

La demanda de la humanidad sobre el planeta se ha duplicado durante los últimos 45 años, como resultado del crecimiento de la población y del consumo individual. En 1961, casi todos los países eran capaces de satisfacer su propia demanda, pero en el 2005, la situación cambió radicalmente, ya que muchos países pudieron satisfacer sus necesidades solamente mediante la importación y por el uso de la atmósfera global como un sumidero de gases contaminantes y otros gases de efecto invernadero. (World Wildlife Fund, 2012)

En la huella ecológica, se utiliza una unidad común denominada hectárea global (hag), donde 1 hag representa una hectárea biológicamente productiva de tierra de productividad media. En 2008 la huella ecológica de la humanidad era de 18 200 millones de hag (2,7 hag por persona). Desde los años 70, la demanda anual de la humanidad sobre el mundo natural ha superado lo que la Tierra puede renovar en un año, esta es la denominada translimitación ecológica y ha seguido creciendo con los años, alcanzando un déficit del 50% en 2008. Esto significa que la Tierra tarda 1,5 años en

regenerar los recursos renovables que utiliza la gente y en absorber el CO₂ que producen ese mismo año. (World Wildlife Fund, 2012)

En la figura 10, se puede observar como países con ingresos altos sobrepasan la biocapacidad de la Tierra, representada en la figura con una línea negra.

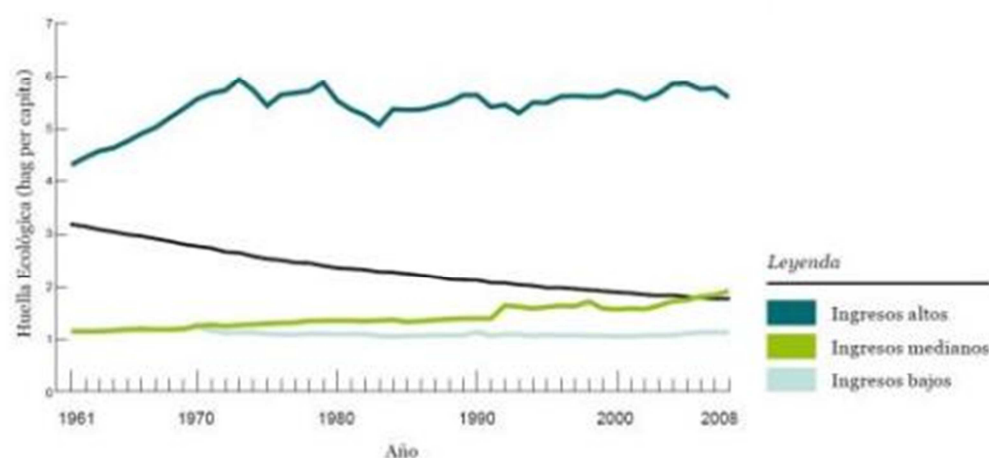


Figura 10. Cambios en la Huella Ecológica por persona en los países de altos, medianos y bajos ingresos entre 1961 y 2008 con respecto a la biocapacidad de la Tierra (línea negra)

Fuente: (World Wildlife Fund, 2012)

En la figura 11, se puede el estudio de World Wildlife Fund (2012), en el cual se realizó un análisis de la huella de carbono por componente ecológico, siendo el más importante la huella de carbono teniendo un aproximado de 55%.

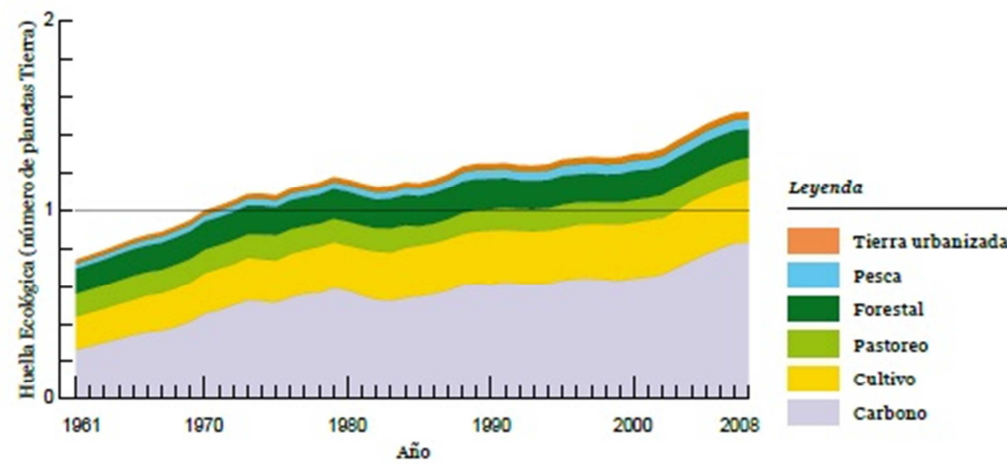


Figura 11. Huella Ecológica por componente, 1961-2008

Fuente: (World Wildlife Fund, 2012)

En la figura 12, se observa las hectáreas globales consumidas por regiones. La huella ecológica individual varía de forma significativa dependiendo de diversos factores, incluyendo el país de residencia, la cantidad de bienes y servicios que se consumen, los recursos utilizados y los residuos generados para proporcionar esos bienes y servicios.

Si toda la humanidad viviera como un indonesio medio, por ejemplo, se utilizarían solo dos terceras partes de la biocapacidad del planeta; si todos vivieran como un argentino medio, la humanidad necesitaría más de medio planeta adicional; y si todos vivieran como un residente medio de Estados Unidos, se necesitarían un total de cuatro planetas para poder regenerar la demanda anual de la humanidad sobre la naturaleza. (World Wildlife Fund, 2012)

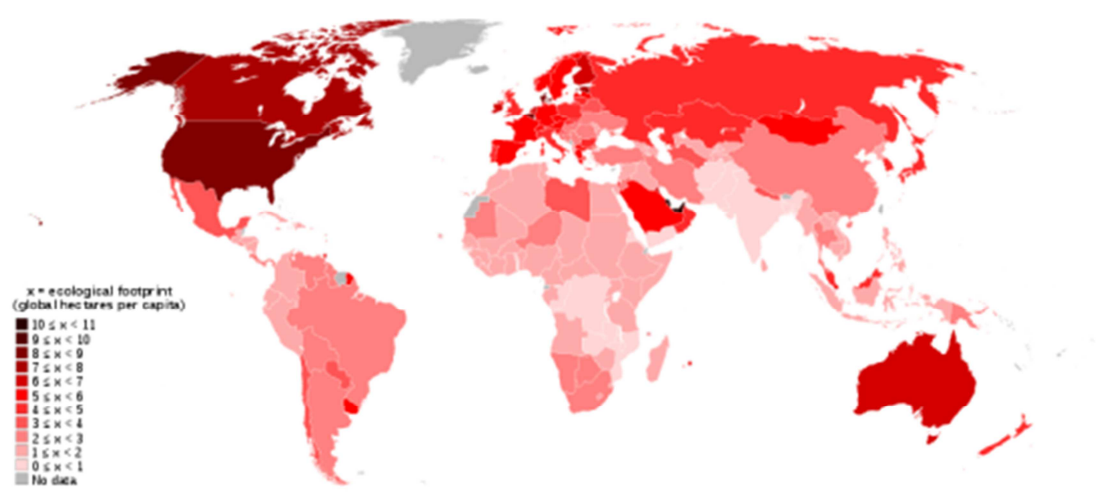


Figura 12. Cambios de la huella ecológica por regiones

Fuente: (World Wildlife Fund, 2012)

El Ecuador ha implementado el cálculo de la huella ecológica como un indicador de sostenibilidad, el cual está siendo aplicado además en varias instituciones públicas para mejorar sus procesos, así por ejemplo el Ministerio del Ambiente tiene ya su huella de carbono, la cual fue publicada en el 2013, obteniéndose que la huella ecológica del Ministerio del Ambiente (Edificio Planta Central y Direcciones Provinciales) es 1 837,93 hag, con una huella per cápita de 0,96 hag.. (Ministerio del Ambiente, 2013)

En 2006, Ecuador tuvo una huella ecológica de 25,2 millones de hectáreas globales (1,9 hag per cápita), y una biocapacidad de 30,5 millones de hectáreas globales (2,3 hag per cápita). (Secretaria del Ambiente de Quito, 2009)

Con respecto a la huella ecológica del Ecuador, en la figura 13, se evidencian las hectáreas globales consumidas por el Ecuador durante el período de 1961 hasta 2005 con los diferentes componentes ecológicos de la huella. (Comunidad Andina, 2005)

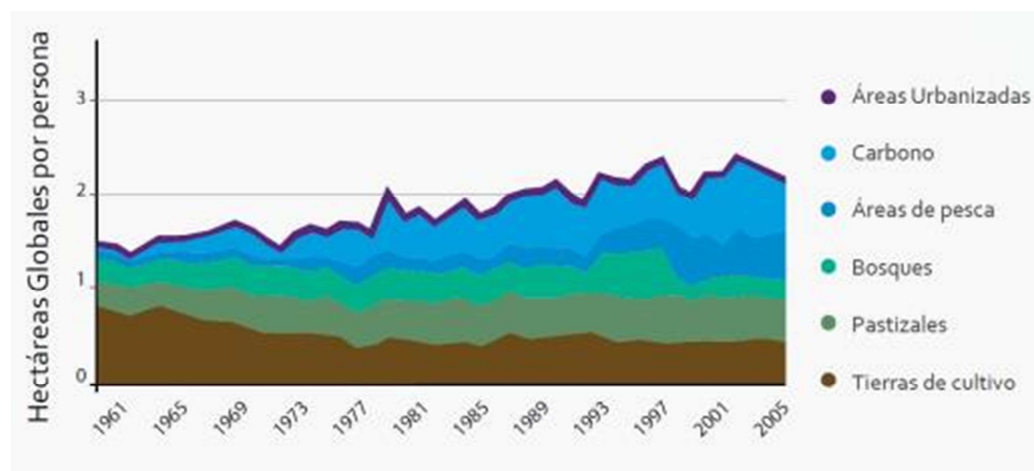


Figura 13. Huella de carbono de Ecuador por tipo de componente

Fuente: (Comunidad Andina, 2005)

En la figura 14, se observa que la huella ecológica ha incrementado en 49 % y su biocapacidad por persona ha disminuido en 71% de 1961 al 2005. Al consumir más áreas de pesca y emitir más carbono que lo que sus ecosistemas pueden absorber, Ecuador se encuentra en déficit ecológico desde el año 2003. (Comunidad Andina, 2005)

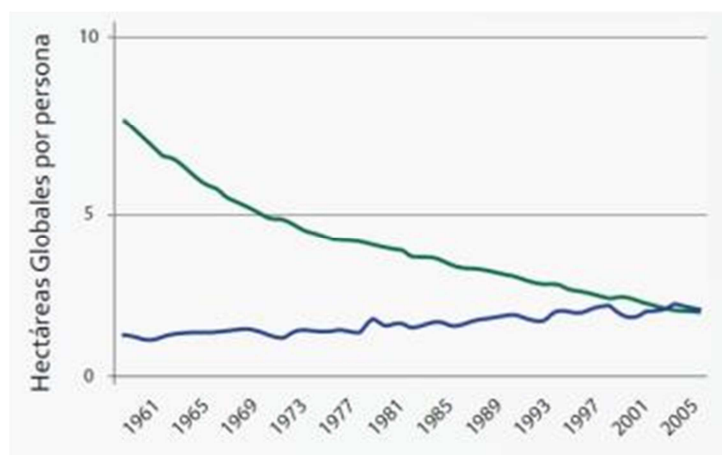


Figura 14. Huella ecológica (azul) y biocapacidad (verde) por persona en Ecuador

Fuente: (Comunidad Andina, 2005)

La ciudad de Quito también calculó su huella ecológica, en 2006, obteniendo que el promedio de huella ecológica de un residente en Quito era de 2,4 hag por persona. Asumiendo que la población urbana de Quito era de 2 millones, los mismos consumen recursos de idéntica manera que este promedio, la huella total de la ciudad es de 4,8 millones hag, o 19% de la huella total de Ecuador. (Secretaría del Ambiente de Quito, 2009)

1.5. Huella de carbono

La huella de carbono en términos generales se puede definir como una medida de los gases de efecto invernadero (GEI) que están directa e indirectamente causados por una actividad o que se acumulan en los estadios de vida de un producto o servicio, expresado en equivalentes de dióxido de carbono. (Letete, Mungwe, Guma, & Marquard, 2013)

También se define como la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por actividades humanas (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente, refiriéndose a la cantidad en toneladas o kilogramos de dióxido de carbono equivalente de gases de efecto invernadero, producida en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos. (Schneider & Samaniego, 2010)

1.5.1. Metodologías de cálculo para la huella de carbono

Como se mencionó anteriormente, el inventario de gases de efecto invernadero está siendo tomado en consideración para varios países del

mundo, y no es la excepción el Ecuador, ya que como se observó también tiene cuantificadas las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el año 2010 la Comisión Europea ha realizado una serie de estudios a fin de analizar todas estas iniciativas y ver la posibilidad de unificación de metodologías. Se analizaron más de 140 metodologías de las cuales se encontraron que unos 80 métodos o iniciativas presentan un enfoque de organización y unos 60 enfoque de producto. (Observatorio de la Sostenibilidad de España, 2010)

La tabla 4 describe las metodologías comúnmente utilizadas alrededor del mundo para calcular la huella de carbono tanto de organizaciones como de productos.

Tabla 4. Metodologías de cálculo de huella de carbono más utilizadas en el mundo

Metodología	Ámbito de aplicación	Enfoque
Carbon Disclosure Project (CDP)	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente adoptada.	Organización
WBCSD/WRI GHG Protocol Corporate Standard	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente reconocida; base para otros estándares	Organización
ISO 14064:2006 (Partes 1 y 3)	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Estándar internacional verificable	Organización
ISO 14069	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Estándar internacional verificable	Organización
French Bilan Carbone	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida	Organización
DEFRA Company GHG Guidance	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida	Organización
UK Carbon Reduction Commitment (CRC)	Aplicación obligatoria y de ámbito europeo. Cubre a los pequeños emisores	Organización
US EPA Climate Leaders Inventory Guidance	Aplicación voluntaria y de ámbito USA. Provee incentivos	Organización
US GHG Protocol Public	Aplicación voluntaria y de	Organización

Sector Standard	ámbito USA. Sector público	
PAS 2050	Aplicación voluntaria. Procedencia UK	Producto
KOREA PCF	Aplicación voluntaria. Metodología creada en Corea	Producto
Carbon Footprint Program	Aplicación voluntaria. Procedencia Japón	Producto
Carbon Index Casino	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
Greenext	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
Climate Certification System	Aplicación voluntaria. Procedencia Suecia	Producto
Climatop	Aplicación voluntaria. Procedencia Suiza	Producto
GHG Protocol-Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard	Aplicación voluntaria. Ámbito global	Producto
BP X30-323	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
ISO 14067	Aplicación voluntaria. Ámbito global	Producto

Fuente: (Observatorio de la Sostenibilidad de España, 2010)

1.5.4.1. Metodología de huella de carbono para organizaciones

Consiste básicamente en recopilar los datos referentes a los consumos de una determinada entidad u organización y convertirlos a emisiones de CO₂ o emisiones de CO₂ equivalentes con el fin de contar con un inventario de emisiones lo más completo posible. Para esta conversión existen diferentes técnicas según el tipo de recurso consumido. (Doménech & González, 2008)

1.5.4.1.1. Estándares de cuantificación

De acuerdo con el Observatorio de la Sostenibilidad de España, 2010, existen dos estándares principales de cuantificación y reporte de emisiones de GEI más reconocidos y utilizados para el cálculo de la huella de carbono de organizaciones:

La ISO 14064-1 Gases de Efecto Invernadero Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

El Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, de la Iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: El cual es una alianza multipartita de empresas, ONGs, gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). Son estándares que ponen una mayor atención en el formato de reporte y comunicación, dejando cierta libertad para el uso de las diversas metodologías de cálculo.)

Según la WRI, WBCSD, 2013, los cálculos se hacen a partir de tres tipos de alcances, según la empresa:

Alcance 1; Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad o están controlados por la empresa; emisiones provenientes de la producción química en equipos de proceso propios o controlados.

Alcance 2; incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa, así como el consumo de calor, vapor y de refrigerantes adquiridos externamente.

Alcance 3; El alcance 3 es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Algunos ejemplos de actividades del alcance 3 son la extracción y producción de materiales adquiridos; el transporte de combustibles adquiridos; y el uso de productos y servicios vendidos.

Las emisiones de gases de efecto invernadero se ven expresadas en la Figura 15, según los alcances tratados anteriormente.

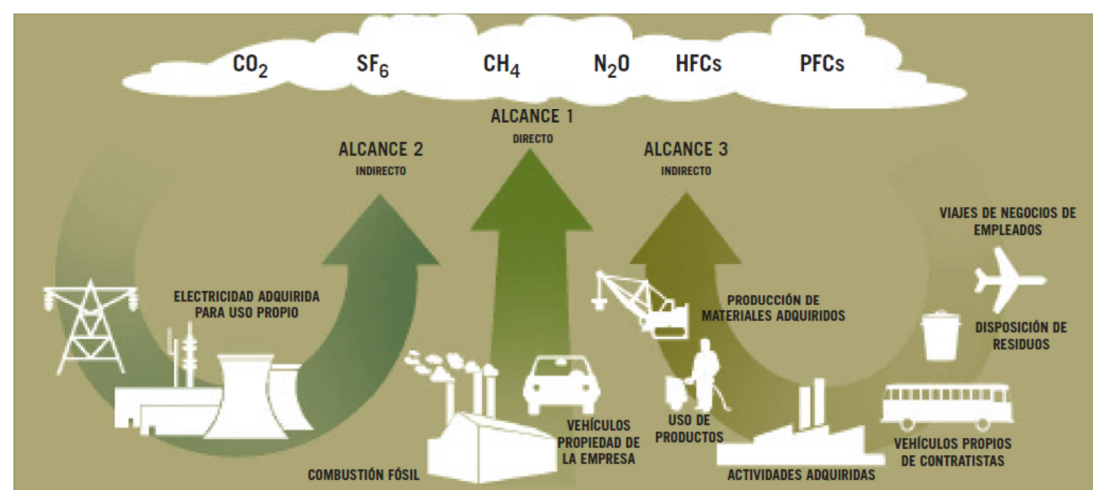


Figura 15. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.

Fuente: (Fundación Entorno, 2013)

1.5.4.2. Metodología de huella de carbono para productos

En la huella de carbono para productos se va a recopilar toda la información sobre los consumos de materia y energía en cada una de las etapas por las que va pasando una determinada mercancía o producto (extracción, fabricación, transformación, transporte, almacenamiento, uso,

etc.) y convertirla a emisiones de CO₂. Es decir, es una estimación del conjunto de todos los GEI que se emiten durante el ciclo de vida de un bien o servicio o durante algunas partes del mismo. (Gómez, 2012)

Según el Centro de Comercio Internacional (2012), el cálculo de la huella de carbono de un producto agrícola durante todo su ciclo de vida incluye, normalmente, las emisiones procedentes de:

- La producción de los insumos utilizados durante el cultivo (por ejemplo, fertilizantes, plásticos o piensos concentrados);
- La fase de cultivo;
- El transporte (por ejemplo, de la explotación agrícola a los centros de procesamiento y a los destinos de exportación);
- El envasado;
- El procesamiento y el almacenamiento;
- La fase de utilización por parte del consumidor; y
- La eliminación de los residuos.

1.5.4.2.1. Estándares de cuantificación

Las metodologías más utilizadas para el cálculo de la huella de productos están basadas en los análisis de ciclo de vida (ACV), entre las cuales se considera:

PAS 2050, la cual es una recomendación que describe el método para la medida de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) producidos en toda la cadena de producción de productos y servicios. Esta especificación ha sido desarrollada por BSI Standards Solutions a requerimiento conjunto del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Medio Rural (Defra)

en el Reino Unido y de la organización no-gubernamental Carbon Trust. (CEPAL, 2013)

ISO 14040, la cual analiza el Ciclo de Vida, siendo la compilación y evaluación de las entradas, salidas y de los impactos ambientales potenciales del sistema del producto a través de su ciclo de vida, desarrollando requisitos para la evaluación del emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de productos. (Aguilar, 2011)

La comunicación de la huella de carbono de productos, está dada por etiquetas especializadas, por ejemplo el logo de Carbon Trust está representado con un número el cual indica en gramos el nivel de emisiones del producto, tal como se puede observar en la figura 16. (Bascón, 2011)



Figura 16. Etiqueta de reducción de carbono productos TESCO

Fuente: (PCF World Forum , 2008)

1.5.2. Huella de carbono en Centros Educativos Superiores

1.5.2.1. Huella de carbono del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en Costa Rica, uno de los más conocidos a nivel hispano en el ámbito agrícola, obtuvo su huella de carbono en el año 2006.

En la figura 17 muestra las emisiones de CO₂eq del CATIE durante los períodos desde el año 2003 hasta el 2006.

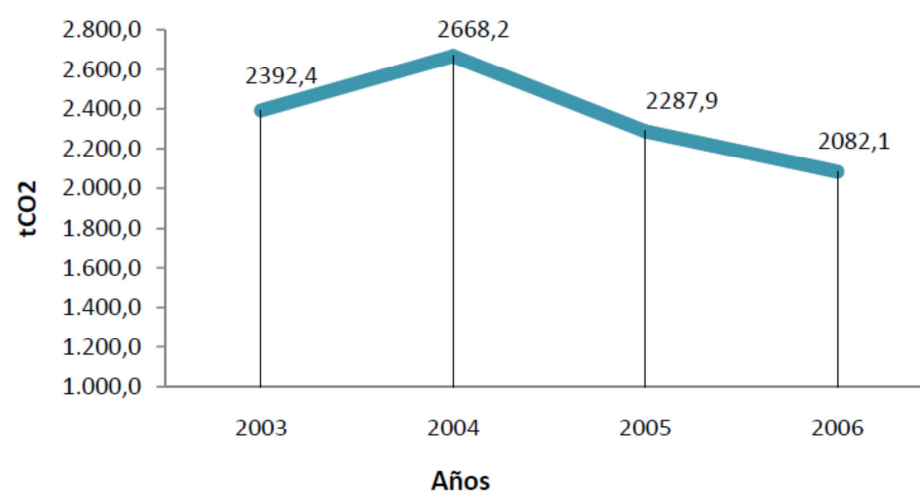


Figura 17. Emisiones en toneladas de CO₂eq del CATIE durante el período 2003 – 2006.

Fuente: (Guerra, 2007)

En la tabla 5, se puede apreciar las emisiones de tCO₂eq del CATIE, en donde las mayores emisiones provienen de la actividad de la finca, ya que existe una cantidad considerable de emisiones de CH₄, provenientes del ganado que tiene la universidad.

Tabla 5. Emisiones del CATIE por componente durante el período 2003-2006 expresada en tCO₂eq

Componentes	Año				Porcentajes
	2003	2004	2005	2006	2006
Finca	1238,17	1229,08	936,02	935,49	42,38%
Viajes aéreos	539	756,4	793,4	661,1	29,95%
Combustible	452,2	568,6	411,2	367,6	16,65%
Electricidad	266	254	246	240	10,37%
Papel	4,3	4,92	4,46	3,36	0,15%
Total (tCO₂eq)	2499,67	2813	2391,08	2207,55	100%

Fuente: (Guerra, 2007)

Se puede apreciar cómo durante el año 2006, las emisiones de la finca corresponden a un 42,38%, mientras que las emisiones de viajes aéreos son del 29,95%, las del combustible son del 16,65%, las del consumo eléctrico del 10,37% y las menores emisiones las del gasto de papel con un 0,15%.

En la figura 18, se puede apreciar las que las emisiones mayoritarias son las que se encuentran en la finca, es decir provenientes de actividades agrícolas, teniendo mayores emisiones de CH₄, provenientes de procesos de degradación biológica.

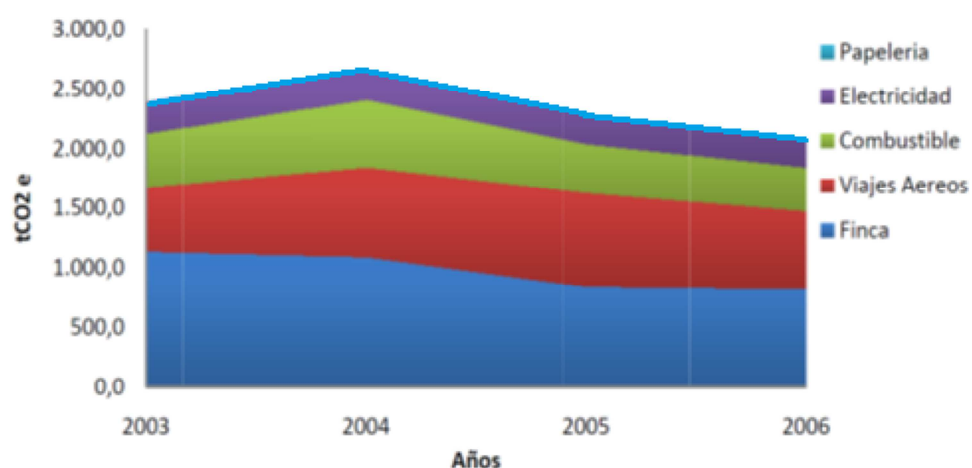


Figura 18. Aporte de los componentes a la huella de carbono del CATIE.

Fuente: (Guerra, 2007)

1.5.2.2. Huella de carbono de la Universidad de Alcalá

La Universidad de Alcalá, ubicada en España, es un centro de estudios tecnológicos que tiene más de 28 000 estudiantes en tres diferentes campus, tiene una huella de carbono calculada para el año 2011 de 8 088,08 toneladas de CO₂eq.

En la tabla 6, se puede observar las emisiones de CO₂eq por tipo de alcance, siendo el alcance 3, que corresponde a emisiones provenientes del uso de electricidad, la que tiene más cantidad de CO₂eq emitido.

Tabla 6. Emisiones de CO₂eq por tipo de alcance en la Universidad de Alcalá

Alcance	Tipo	Toneladas de CO ₂ eq
Alcance 1	Emisiones directas de GEI	3 523,34 t CO ₂ eq
Alcance 2	Emisiones indirectas de GEI	4 534,66 t CO ₂ eq
Alcance 3	Otras emisiones indirectas de GEI	30,08 t CO ₂ eq

Fuente: (Universidad de Alcalá, 2011)

En la tabla 7, se aprecian los valores para cada componente de la huella de carbono de la Universidad de Alcalá.

Tabla 7. Emisiones de la Universidad de Alcalá por componente durante el año 2011 expresada en tCO₂eq

Componente	tCO ₂ eq	Porcentaje
Gas natural	2 296,67	28,40%
Refrigerantes	1 075,80	13,30%
Combustible de vehículos	150,87	1,87%
Electricidad	4 534,66	56,07%
Viajes en buses contratados	12,26	0,15%
Viajes aéreos	11,28	0,14%
Viajes en tren	0,04	0,00%
Viajes vehículos varios	6,49	0,08%
Total (tCO₂eq)	8 088, 08	100%

Fuente: (Universidad de Alcalá, 2011)

En la figura 19, se puede observar como el consumo de energía eléctrica es mucho mayor, con un 56,07%, que los demás componentes de la huella de carbono de la Universidad de Alcalá.

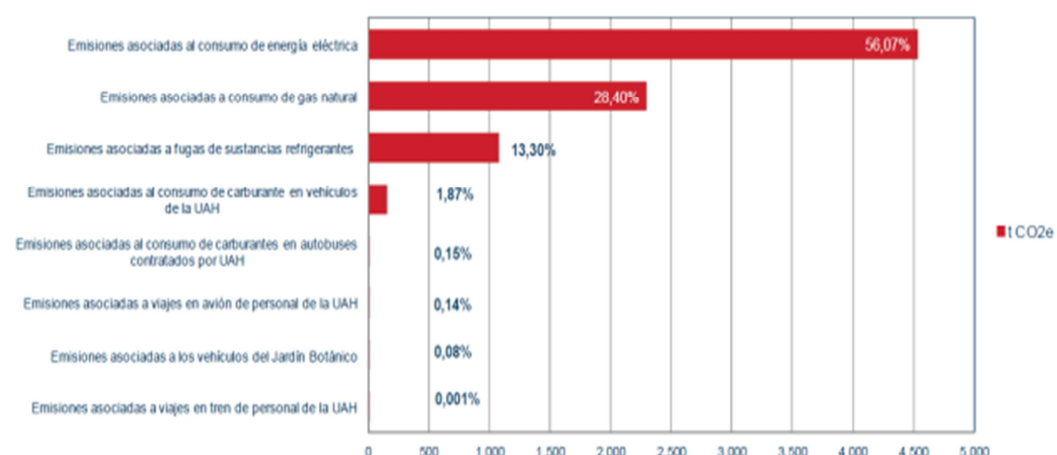


Figura 19. Emisiones totales de la Universidad de Alcalá por fuente de emisión

Fuente: (Universidad de Alcalá, 2011)

1.5.2.3. Huella de carbono de la Universidad de Miami

La Universidad de Miami, ubicada en Estados Unidos de Norteamérica, es un centro de estudios enfocado a Botánica, Física, y Geología, tiene un cuerpo estudiantil de alrededor de 20 100 estudiantes, tiene una huella de carbono calculada para el año 2008 de 125 039 toneladas de CO₂eq. (Ferraro, 2008)

En la tabla 8, se puede observar como el consumo de energía eléctrica emite más cantidad de CO₂eq, mientras que los transportes y los desechos tienen un menor aporte dentro de la huella de carbono.

Tabla 8. Emisiones de la Universidad de Miami por componente durante el año 2008 expresada en tCO₂eq

Componente	tCO ₂ eq	Porcentaje
Energía adquirida	63 394,77	50,7%
Vapor generado	29 509,20	23,6%
Perdida de transmisión	6 251,95	5%
Flota de vehículos	6 502,03	5,2%
Vehículos internos	8 752,73	7%
Viajes aéreos	9 252,89	7,4%
Vertederos	625,19	0,5%
Agua de desecho	125,04	0,1%
Papel	625,19	0,5%
Total (tCO₂eq)	125 039	100%

Fuente: (Ferraro, 2008)

En la figura 20, se puede observar como la mayor cantidad de emisiones provienen del uso de energía eléctrica con un 50,7%.

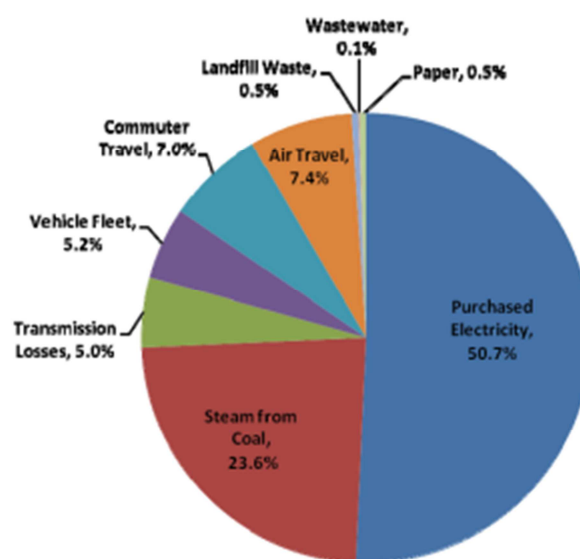


Figura 20. Descripción de las emisiones de CO₂eq por componente de la huella de carbono de la Universidad de Miami

Fuente: (Ferraro, 2008)

1.6. Facultad de Ciencias de la Ingeniería

1.6.1. Ubicación

La Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial desde el año 2008 se encuentra ubicada en Quito, en la Avenida Occidental y Mariana de Jesús, en el Campus Occidental, a una altitud promedio de 2977 m.

El Campus Occidental tiene una extensión total de 107 615 m², y el espacio ocupado por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería es de 2136,5 m², dividido en tres edificios:

- Bloque B, con 677,6 m²,
- Bloque G, que comprenden laboratorios y planta piloto de alimentos con 822,9 m²; y
- El taller automotriz con 636 m².

En la figura 21, se puede apreciar la ubicación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, con los edificios que ocupa.



Figura 21. Mapa de ubicación y edificios utilizados por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1.6.2. Historia

El 11 de agosto de 1971 se creó en el Ecuador el Instituto Tecnológico Equinoccial; en 1984, ofreció a la comunidad cuatro carreras profesionales: Tecnología de Petróleos, Dirigentes de Empresas, Decoración y Hotelería.

El 22 de enero de 1986, bajo aprobación de Ley se aprobó en el Congreso Nacional la creación de la Universidad Tecnológica Equinoccial, la cual fue remitida al Ejecutivo para su aprobación el 27 de enero de 1986, para ser publicada en el Registro Oficial N.- 377 el 18 de febrero de 1986, agrupando las diferentes carreras en 6 Facultades: Ciencias Económicas, Ciencias de la Ingeniería, Ciencias Administrativas aplicadas, Ciencias Agropecuarias, Facultad de Artes y Diseño y Facultad de Ciencias Sociales. (Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012)

1.6.3. Descripción de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

En lo que se relaciona con la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, a continuación se detalla la creación de cada una de sus carreras:

- En 1994 se inició la carrera de Tecnología Forestal, que en 1998, se completa, para crear la carrera de Ingeniería Agroforestal.
- En 1995, se crea la carrera de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación
- En 1996 de acuerdo con la Resolución No. 10-C.U./UTE se crea la carrera de Ingeniería Industrial y en el 2005 tiene una reforma, convirtiéndose en Ingeniería Industrial y de Procesos

- En 1997 con Resolución No. 030-C.U./UTE se crea la carrera de Ingeniería de Ejecución en Maderas
- En el 2004, se crea la carrera de Ingeniería de Petróleos con Resolución No. 023-C.U./UTE/2004.
- En el año 2004 se inicia la carrera de Ingeniería de Alimentos
- En el 2005 se aprueba el proyecto de creación de la carrera de Ingeniería Mecatrónica
- En el 2006 se crea la carrera de Ingeniería Automotriz, contando con un moderno taller automotriz
- En el 2008 se crea la carrera de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales.

A partir del 2008 se consolida La Facultad de Ciencias de la Ingeniería teniendo en la actualidad 7 carreras, que a continuación se detallan (Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012):

- Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales
- Ingeniería de Alimentos
- Ingeniería Automotriz
- Ingeniería Industrial y de Procesos
- Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación
- Ingeniería Mecatrónica
- Ingeniería de Petróleos

La organización de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería está descrita en siguiente organigrama funcional, tal como lo muestra la figura 22.

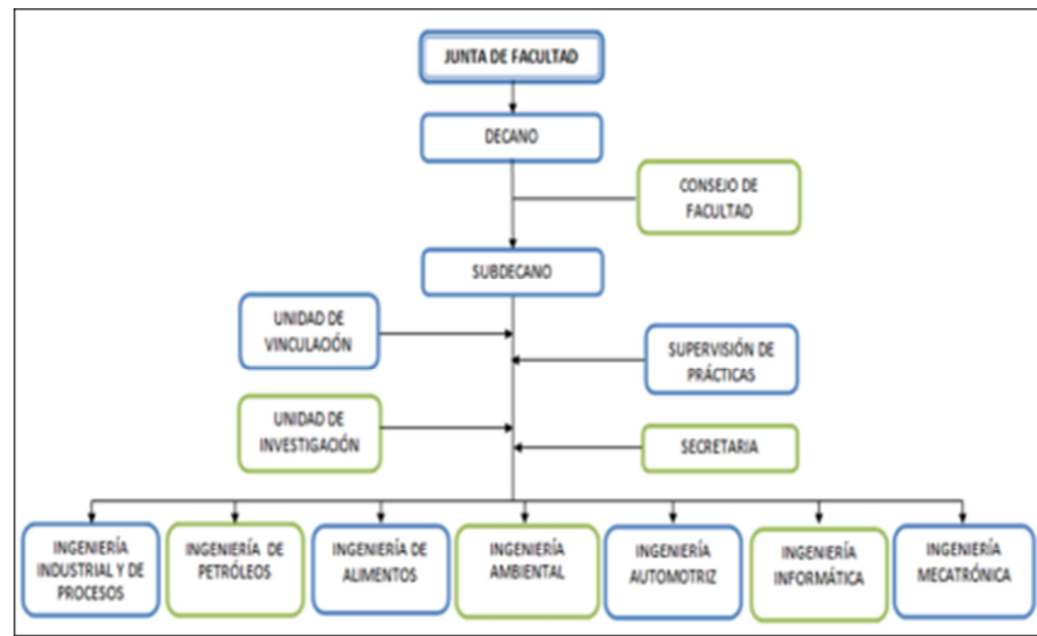


Figura 22. Organigrama funcional de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Fuente: (Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012)

1.6.3.1. Valores de la Facultad

- Respeto que se expresa en libertad, honestidad, lealtad, sinceridad, justicia, equidad, integridad, transparencia, dedicación académica. Respeto a los derechos humanos.
- Inter-aprendizaje en función de la pertinencia institucional y pertinencia social.
- Conciencia en la protección del ambiente.
- Responsabilidad social y servicio a la comunidad.
- Reconocimiento a la igualdad de oportunidades.

1.6.3.2. Misión

Formar con excelencia y liderazgo profesionales íntegros que contribuyan al progreso de la sociedad, a través de la investigación, el desarrollo y transferencia de tecnología en un marco de equidad, competitividad y sostenibilidad, mediante procesos académicos innovadores,

transdisciplinarios, sistémicos, investigativos y de proyección social.
(Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012)

1.6.3.3. Visión

Liderar la formación de profesionales como una fuerza promotora y gestora del cambio y como ciudadanos íntegros conscientes y capaces de generar el desarrollo social, económico, ambiental y cultural del país.
(Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012)

1.6.3.4. Objetivos institucionales

Docencia: Formar profesionales íntegros, investigadores y emprendedores para que lideren una gestión socialmente responsable.

Investigación: Generar y acceder al conocimiento que apoye el desarrollo institucional y de la sociedad.

Vinculación: Fortalecer vínculos con los distintos sectores de la sociedad, mediante programas permanentes de apoyo.

Gestión: Establecer innovadores procesos de calidad, que garanticen el desempeño exitoso de la docencia, investigación, interacción con el medio y gestión universitaria.

1.6.3.5. Número de docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

En total la Facultad cuenta con 185 docentes que trabajan impartiendo clases, este número ha venido creciendo debido al aumento de estudiantes, que cada vez es mayor, como lo muestra la Figura 23.

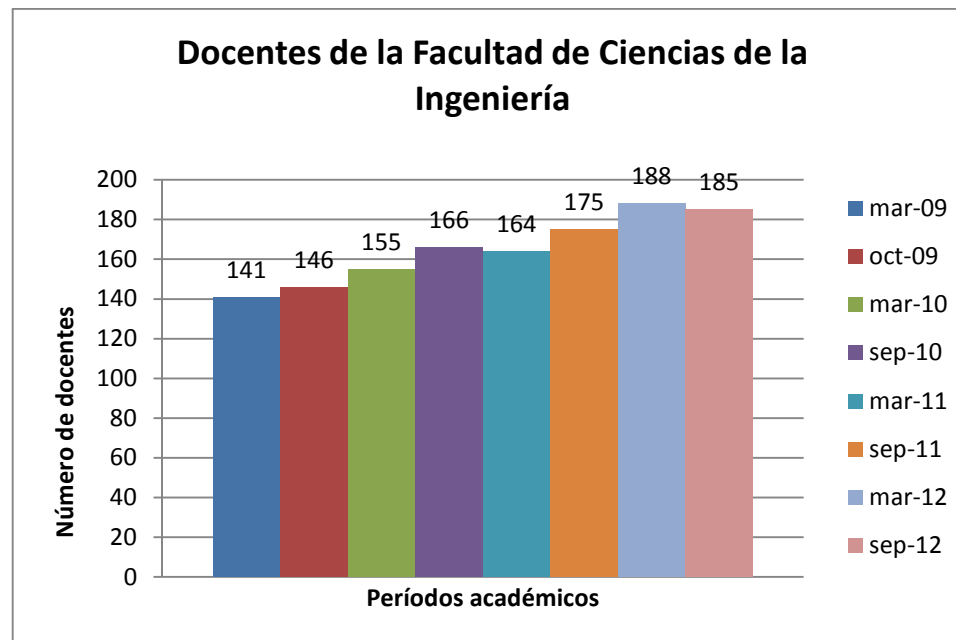


Figura 23. Número de docentes en los períodos académicos desde el año 2009 hasta el año 2012

Fuente: (Universidad Tecnológica Equinoccial, 2013)

1.6.3.6. Número de estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Desde el año 2008 la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, se afirma con 7 carreras, las cuales han incrementado su número de estudiantes desde entonces, teniendo en la actualidad 2467 estudiantes, como lo muestra la figura 24.

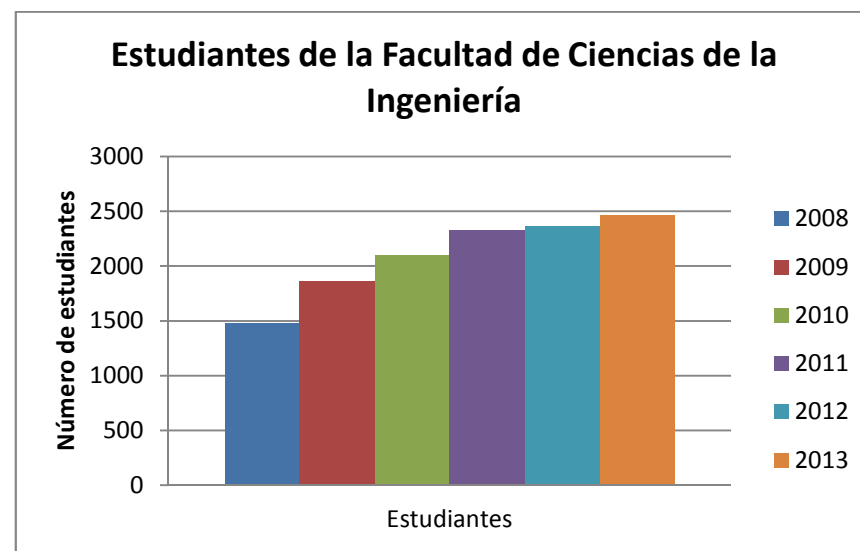


Figura 24. Número de estudiantes en los períodos académicos desde el año 2009 hasta el año 2013

Fuente: (Universidad Tecnológica Equinoccial, 2013)

En la figura 25, se puede apreciar cómo han crecido las carreras pertenecientes a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

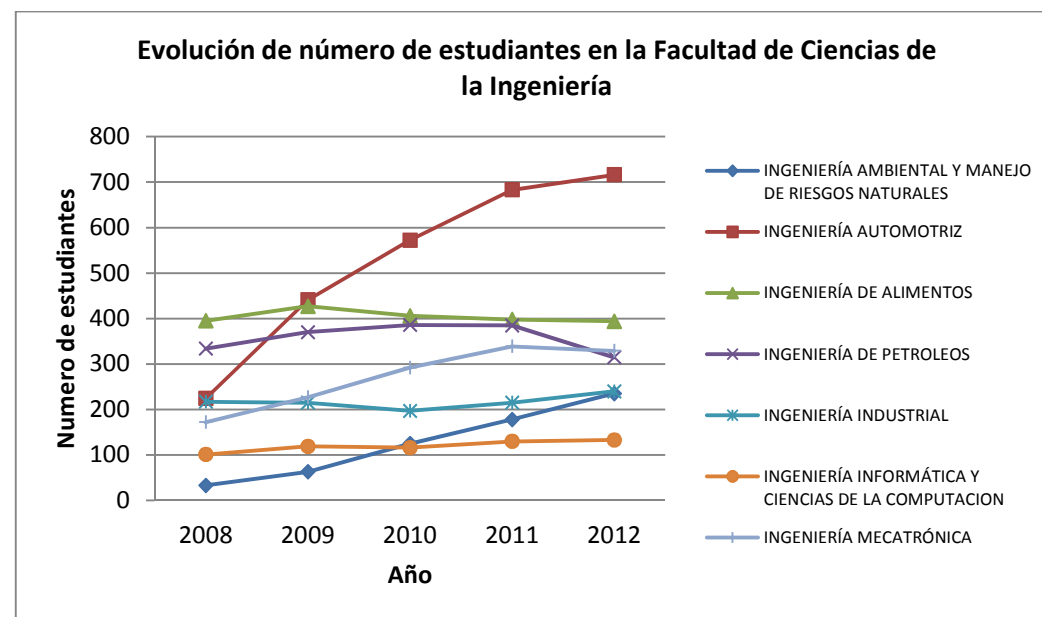


Figura 25. Crecimiento de los estudiantes de las diferentes carreras en los períodos académicos desde el año 2009 hasta el año 2012

Fuente: (Universidad Tecnológica Equinoccial, 2013)

1.6.3.7. Infraestructura de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

La Facultad de Ciencias de la Ingeniería, maneja tres edificios de la Sede Occidental en Quito, los cuales se detallan en la tabla 9.

Tabla 9. Actividades y edificios de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Actividades	Edificio
Aulas de clase (24)	Bloque B
Oficinas administrativas (7)	
Laboratorio de Ambiental y Riesgos	Bloque G
Laboratorio de Microbiología	
Laboratorio de Química	
Laboratorio de Química de Alimentos	
Laboratorio de Biotecnología	
Planta piloto de alimentos	
Taller automotriz	Taller Automotriz

Fuente: (Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012)

Para el presente estudio se analizaron los procesos que generan emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales se detallan en la metodología.

II. METODOLOGÍA

II. Metodología

La metodología aplicada, para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, se desarrolló en tres etapas:

2.1. Etapa inicial

Se recopiló información primaria y secundaria, y se analizaron los procesos realizados en las 7 carreras de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

La información primaria de consumo de electricidad, GLP utilizado por los laboratorios, refrigerante utilizado en la planta piloto de alimentos, combustible utilizado por el generador eléctrico, gasto de papel, viajes aéreos y terrestres hechos por los docentes, fue entregada por el Subdecano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

2.2. Etapa intermedia

Se aplicó el Cálculo de Huella de Carbono de GHG Protocol elaborada por World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), la cual mide en toneladas de CO₂ equivalente y establece alcances de la empresa o institución. (WRI, WBCSD, 2013).

Se utilizaron las ecuaciones y factores de emisión descritas en las directrices de la IPCC para el cálculo de CO₂ equivalente.

2.2.1. Alcance 1

Se realizó un estudio del alcance 1 de la institución en el cual constan las emisiones generadas por máquinas y equipos estacionarios propios, emisiones originadas por el uso de combustibles de vehículos propios.

La ecuación 2 muestra como calcular la emisión de CO₂ por combustibles consumidos a partir de fuentes móviles. (IPCC, 2006)

$$Emission = \sum_a [Combustible_a * FE] \quad [2]$$

Emissiones= emisiones de CO₂ (kg)
Combustible = consumo de combustible (TJ)
FE= factor de emisión (kg/TJ)
a= tipo de combustible

La ecuación 3 muestra como calcular la emisión de CH₄ y N₂O por combustibles consumidos a partir de fuentes móviles. (IPCC, 2006)

$$Emission = \sum_a [Combustible_a * FE] \quad [3]$$

Emissiones= emisiones de CH₄ o N₂O (kg)
Combustible = consumo de combustible (TJ)
FE= factor de emisión (kg/TJ)
a= tipo de combustible

La ecuación 4 muestra como calcular la emisión de CO₂, CH₄ y N₂O por combustibles consumidos a partir de fuentes fijas. (IPCC, 2006)

$$Emisiones_{GEI,combustible} = Consumo_{combustible} * FE_{GEI,combustible} \quad [4]$$

Emisiones_{GEI,combustible}= emisiones de un GEI por tipo de combustible (kg)
Consumo_{combustible}=cantidad de combustible consumido (TJ)
FE_{GEI,combustible}=Factor de emisión por GEI por tipo de combustible (kg/TJ)

La ecuación 5 muestra como calcular las emisiones totales de GLP.

(IPCC, 2006)

$$Emisiones_{GEI, GLP} = Consumo_{GLP} * FE_{GEI, GLP} \quad [5]$$

$Emisiones_{GEI, GLP}$ = emisiones de un GEI por GLP (kg)

$Consumo_{GLP}$ =cantidad de GLP consumido (TJ)

$FE_{GEI, combustible}$ =Factor de emisión por GEI por tipo de combustible (kg/TJ)

La ecuación 6 muestra como calcular las emisiones totales de fuentes

fijas. (IPCC, 2006)

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{combustibles} Emisiones_{GEI, combustible} \quad [6]$$

$Emisiones_{GEI}$ =Emisiones totales de GEI

$Emisiones_{GEI, combustible}$ = Emisiones de GEI por tipo de combustible

La tabla 10, describe los factores de emisión para el Alcance 1.

Tabla 10. Factores de emisión para Alcance 1

Gas efecto invernadero	Actividad	Tipo de combustible	Factor de emisión
CO ₂	Fuente móvil	Diesel Premium	74 100 kg/TJ
CH ₄	Fuente móvil	Diesel Premium	3,9 kg/TJ
N ₂ O	Fuente móvil	Diesel Premium	3,9 kg/TJ
CO ₂	Fuente Fija	Diesel No1	74 100 kg/TJ
CH ₄	Fuente Fija	Diesel No1	3 kg/TJ
N ₂ O	Fuente Fija	Diesel No1	0,6 kg/TJ
CO ₂	Fuente Fija	GLP	63 100 kg/TJ
CH ₄	Fuente Fija	GLP	1 kg/TJ
N ₂ O	Fuente Fija	GLP	0,1 kg/TJ

Fuente: (IPCC, 2006)

2.2.1.1. Características consideradas para el diesel

Se ha considerado la densidad del diesel $0,84\text{g/cm}^3$. (AENOR, 2009)

Se consideró también el poder calorífico del diesel, con 43 GJ/t. (IPCC, 2006)

2.2.1.2. Características consideradas para el GLP

Se utilizó la densidad del gas de $0,545\text{ g/cm}^3$, para realizar las transformaciones de unidades. (Austrogas, 2011)

Se consideró también el poder calorífico del GLP, con 47,31 GJ/t. (IPCC, 2006)

2.2.1.3. Características de los vehículos

La Universidad Tecnológica Equinoccial posee 3 vehículos a diésel, con una capacidad de más de 10 pasajeros, para uso de todas las Facultades, en la tabla 11, se puede apreciar las características de dichos vehículos.

Tabla 11. Vehículos utilizados por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Vehículo	Marca y modelo	Cilindraje	Pasajeros	Gasto de combustible por km
Furgoneta	Toyota – Hiace (2008)	$2\ 500\text{ cm}^3$	15	8,7 L/100 km
Buseta	Mitsubishi – Rosa (2005)	$3\ 900\text{ cm}^3$	26	17 L/100 km
Bus	Hino FG (2008)	$7\ 684\text{ cm}^3$	42	25 L/100 km

Fuente: (Román, 2013)

En base a la tabla anterior se procedió a calcular las emisiones del Alcance 1.

2.2.2. Alcance 2

Se realizó un estudio del Alcance 2 de la institución en el cual constan las emisiones generadas por el uso de energía eléctrica adquirida, y por el uso de refrigerantes.

El gas refrigerante es el CHClF₂, clorodifluorometano, (HCFC-22) cuyo nombre comercial es Genetron 22.

La ecuación 7 muestra como calcular la emisión de CO₂, CH₄ y N₂O por electricidad consumida. (IPCC, 2006)

$$Emision = C_e * FE \quad [7]$$

Emisiones= emisiones de CO₂, CH₄ o N₂O (kg)
C_e = consumo de electricidad en el sitio (kWh)
FE= factor de emisión (kg/kWh)

La tabla 12 describe los factores de emisión para el Alcance 2, se ha tomado el valor establecido por la Agencia Internacional de Energía, ya que se han corregido los valores de consumo de combustibles en marzo del 2013, que son los siguientes:

Tabla 12. Factores de emisión para Alcance 2

Gas efecto invernadero	Actividad	Factor de emisión
CO ₂	Electricidad	0,319 kgCO ₂ /kWh
CH ₄	Electricidad	0,00001060673 kgCH ₄ /kWh
N ₂ O	Electricidad	0,00000202231 kgN ₂ O/kWh

Fuente: (IEA, 2013) y (Brander, Sood, Wylie, Haughton, & Lovell, 2011)

2.2.3. Alcance 3

Se llegó al Alcance 3, contabilizando los viajes aéreos del personal de la institución y el consumo de papel de la Facultad.

La ecuación 8 muestra como calcular la emisión de CO₂, CH₄ y N₂O por viajes aéreos realizados. (EPA, 2008)

$$Emisiones = MVP * (FE_{CO_2} + (FE_{CH_4} * 0,025) + (FE_{N_2O} * 0,298)) \quad [8]$$

MVP= millas viajadas
 FE_{CO2}= Factor de emisión CO₂ (kg/mi)
 FE_{CH4}= Factor de emisión CH₄ (kg/mi)
 FE_{N2O}= Factor de emisión N₂O (kg/mi)
 0,025= Factor de corrección para CH₄
 0,298= Factor de corrección para N₂O

En la ecuación 9, se aprecia la expresión matemática para calcular las emisiones de GEI por el consumo de papel. (EPA Victoria, 2011)

$$Emisiones = C_p * FE_{GEI} \quad [9]$$

C_p= consumo de papel (kg)
 FE_{GEI}= Factor de emisión del gas de efecto invernadero (kg/kg)

En la tabla 13, se observan los factores de emisión del Alcance 3, correspondiente a viajes aéreos.

Tabla 13. Factores de emisión para Alcance 3 viajes aéreos

Gas efecto invernadero	Distancia de vuelo	Factor de emisión
CO ₂	Larga distancia ≥700 millas	0,185 kgCO ₂ /mi
CH ₄	Larga distancia ≥700 millas	0,0104 gCH ₄ /mi
N ₂ O	Larga distancia ≥700 millas	0,0085 gN ₂ O/mi
CO ₂	Distancias medias ≥ 300 < 700 millas	0,229 kgCO ₂ /mi
CH ₄	Distancias medias ≥ 300 < 700 millas	0,0104 gCH ₄ /mi
N ₂ O	Distancias medias ≥ 300 < 700 millas	0,0085 gN ₂ O/mi
CO ₂	Distancias cortas < 300 millas	0,277 kgCO ₂ /mi
CH ₄	Distancias cortas < 300 millas	0,0104 gCH ₄ /mi
N ₂ O	Distancias cortas < 300 millas	0,0085 gN ₂ O/mi

Fuente: (EPA, 2008)

Para la transformación de distancias de kilómetros a millas, se utilizó la equivalencia 1,609 km= 1 milla. (Butcher, Crown, & Gentry, 2006)

En la tabla 14 se observa los factores de emisión para el Alcance 3, que corresponden al consumo de papel.

Tabla 14. Factores de emisión para Alcance 3 consumo de papel

Gas efecto invernadero	Actividad	Factor de emisión
CO ₂	Consumo de papel	0,991 kgCO ₂ /kg papel
CH ₄	Consumo de papel	0,0060 kgCH ₄ / kg papel
N ₂ O	Consumo de papel	0,0299 kgN ₂ O/ kg papel

Fuente: (EPA Victoria, 2011)

2.3. Etapa final

Se categorizaron las emisiones en toneladas CO₂ equivalentes para cada uno de los alcances descritos.

Para este efecto se utilizó el potencial de calentamiento global descrito por la IPCC y en la tabla 15 se encuentran resumidos los gases que se emiten en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Tabla 15. Potenciales de calentamiento global para los gases emitidos por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Especie	Fórmula química	Potencial de calentamiento global (100 años)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido nitroso	N ₂ O	298
HCFC-22	CHClF ₂	1 810

Fuente: (IPCC, 2007)

Con los valores indicados en la tabla anterior se procederá a calcular las cantidades de CO₂eq.

Se determinaron las emisiones de CO₂eq durante 2009, 2010, 2011 y 2012.

Se realizó un análisis de los resultados encontrados y se determinó la huella de carbono de la institución expresada en toneladas de CO₂eq.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III. Resultados y Discusión

3.1. Emisiones del Alcance 1

Dentro del Alcance 1, se evidenció que la Facultad de Ciencias de la Ingeniería ha proporcionado movilización a docentes y administrativos con vehículos propios de la Universidad, además tiene un generador eléctrico que consume diesel y consume GLP en sus laboratorios.

3.1.1. Emisiones por vehículos propios

La Facultad, ha proporcionado la información acerca de los viajes realizados, y se ha estimado la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos en cada viaje, y se ha calculado con los potenciales de calentamiento global el total de CO₂eq según se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Toneladas de CO₂eq emitidas por los transportes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Año	km	L	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂ eq
2009	1 194	168,42	0,45	2,37 E ⁻⁰⁵	2,37 E ⁻⁰⁵	0,458
2010	1 176	102,31	0,27	1,44 E ⁻⁰⁵	1,44 E ⁻⁰⁵	0,278
2011	898	78,12	0,21	1,10 E ⁻⁰⁵	1,10 E ⁻⁰⁵	0,212
2012	846,4	73,63	0,19	1,03 E ⁻⁰⁵	1,03 E ⁻⁰⁵	0,200

En la figura 26, se aprecia la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero durante el transcurso de los 4 años, 2009 – 2012.

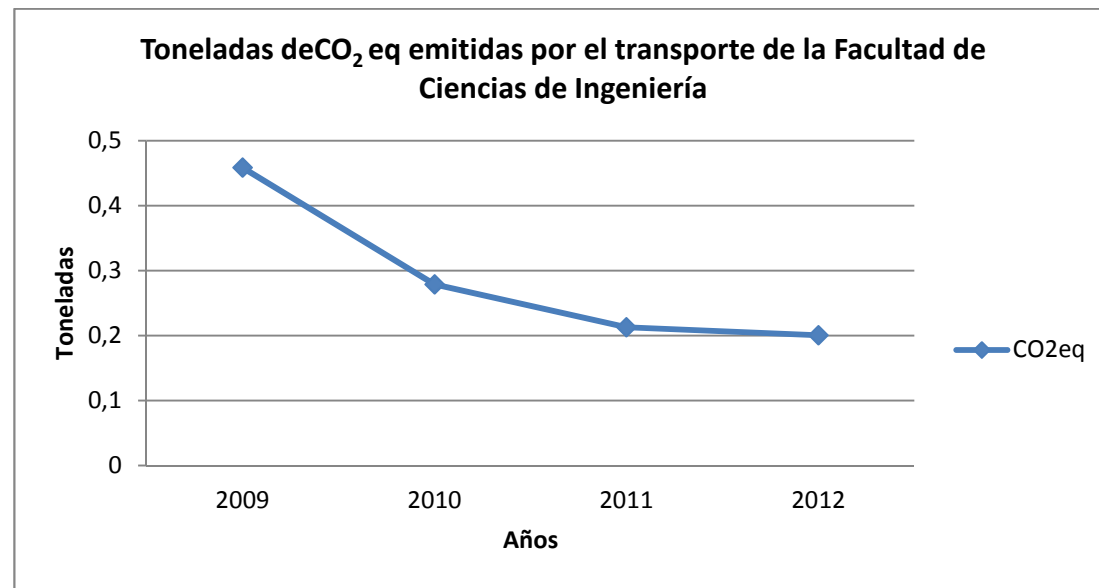


Figura 26. Toneladas de CO₂eq emitidas por el transporte de la Facultad de Ciencias de Ingeniería

3.1.2. Emisiones por el generador eléctrico

En la figura 27, se puede observar el consumo hecho desde el año 2009 hasta el año 2012.

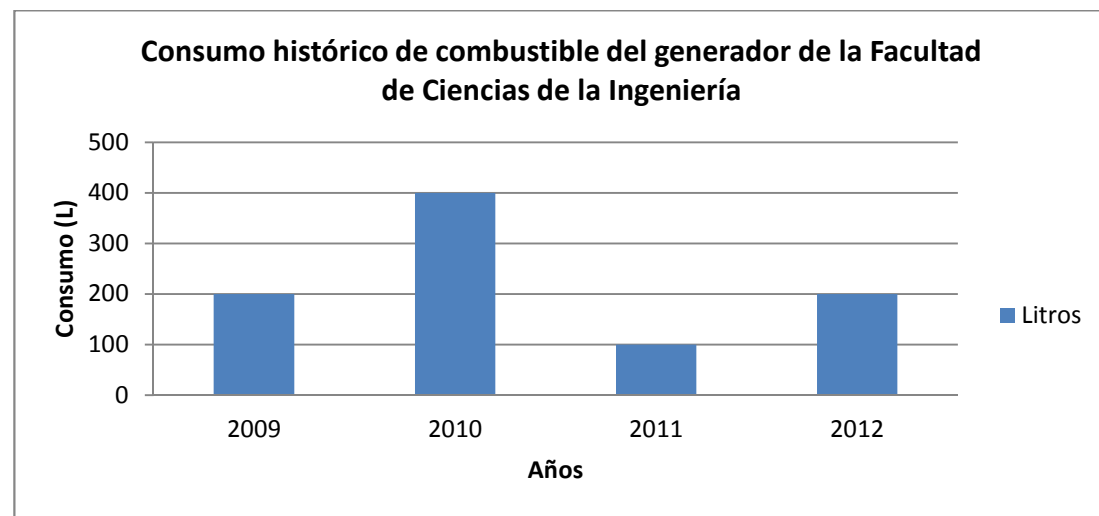


Figura 27. Consumo histórico de combustible del generador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Con la información obtenida se obtiene la emisión de gases de efecto invernadero durante los 4 años, los resultados, en toneladas de CO₂eq, se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Toneladas de CO₂eq emitidas por el generador eléctrico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Años	Litros	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂ eq
2009	200	0,535	0,00002	4,334E ⁻⁰⁶	0,537
2010	400	1,070	0,00004	8,668E ⁻⁰⁶	1,074
2011	100	0,267	0,00001	2,167E ⁻⁰⁶	0,268
2012	200	0,535	0,00002	4,334E ⁻⁰⁶	0,537

En la figura 28, se observa la evolución de las emisiones de CO₂eq por el generador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 – 2012.

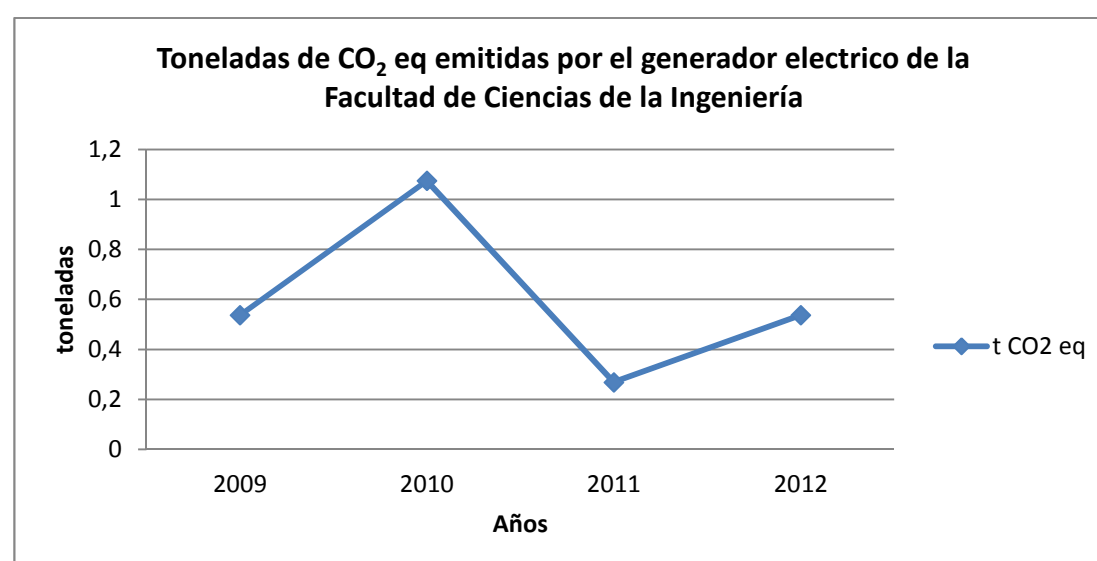


Figura 28. Toneladas de CO₂eq emitidas por el generador eléctrico de la Facultad de Ciencias de Ingeniería

3.1.3. Emisiones por el uso de GLP

En la figura 29, se puede observar el consumo de GLP hecho desde el año 2009 hasta el año 2012.

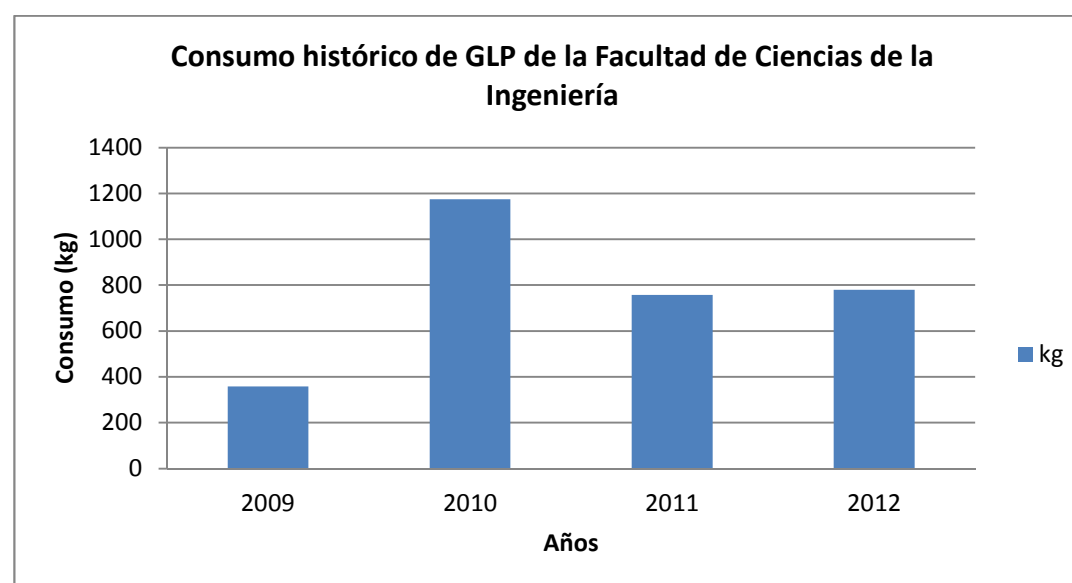


Figura 29. Consumo histórico de GLP de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Con la información obtenida se obtiene la emisión de gases de efecto invernadero durante los 4 años, los resultados, en toneladas de CO₂eq, se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Toneladas de CO₂eq emitidas por el consumo de GLP de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Años	kg	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂ eq
2009	358	1,068	1,69 E ⁻⁰⁵	1,69 E ⁻⁰⁶	1,06
2010	1 175	3,507	5,55 E ⁻⁰⁵	5,55 E ⁻⁰⁶	3,50
2011	757	2,259	3,58 E ⁻⁰⁵	3,58 E ⁻⁰⁶	2,26
2012	780	2,328	3,69 E ⁻⁰⁵	3,69 E ⁻⁰⁶	2,33

En la figura 30, se observa la evolución de las emisiones de CO₂eq por consumo de GLP de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 – 2012.

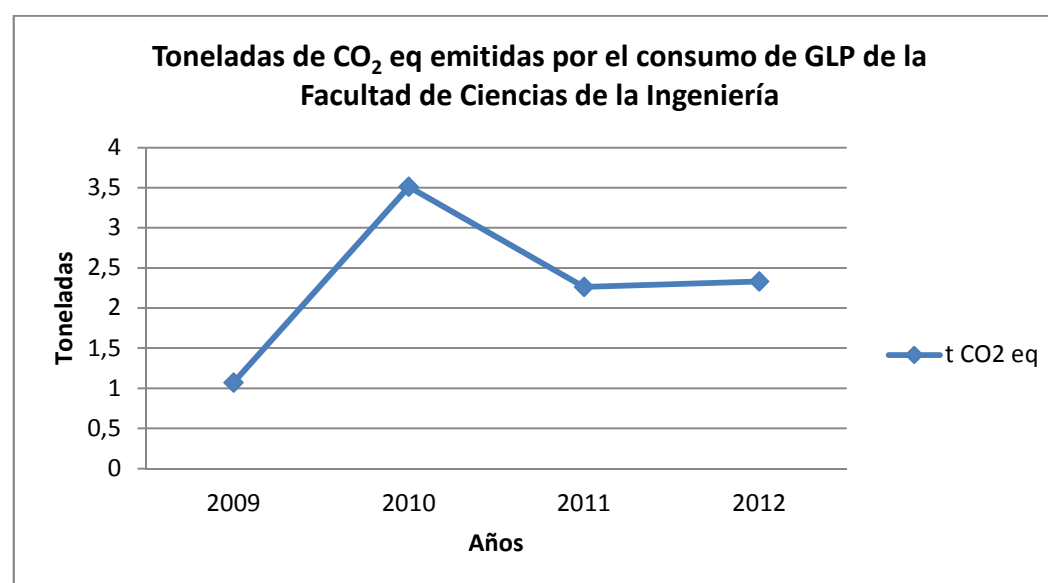


Figura 30. Toneladas de CO₂eq emitidas por el consumo de GLP de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

3.1.4. Emisiones totales hechas por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en el Alcance 1.

En el Alcance 1, se cuantifican las emisiones directas de fuentes que son propiedad de o están controladas por la Facultad, expresadas en toneladas de CO₂eq, y se muestran en la tabla 19, en cada año durante el período 2009 -2012.

Tabla 19. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq en el alcance 1 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 - 2012

Año	t CO ₂ eq
2009	2,065
2010	4,863
2011	2,743
2012	3,068

Se puede observar que ha existido un aumento de las emisiones totales de CO₂eq, en el año 2010, eso es fácilmente explicable ya que según

los reportes de la Universidad Tecnológica Equinoccial, en el año 2010, hubo más estudiantes de Ingeniería de Alimentos y Ambiental, lo cual provocó el consumo de mas GLP, incrementando el nivel de la huella de carbono en el alcance 1.

También hay que acotar que durante el año 2010, hubo más consumo de diésel por el generador ya que fue el año en el cual hubo más cortes de energía eléctrica, lo que también contribuyó a aumentar la huella de carbono del 2010 en el Alcance 1.

En la figura 31, se puede apreciar la evolución de la huella de carbono por el alcance 1 en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 – 2012.

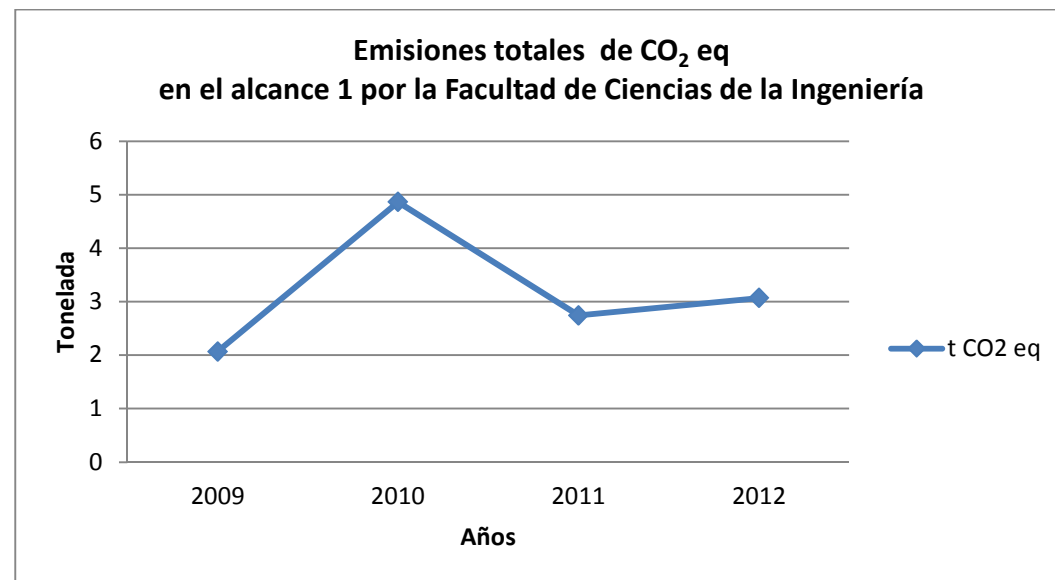


Figura 31. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq en el alcance 1 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

3.2. Emisiones del Alcance 2.

En el análisis realizado, se evidenció que la Facultad de Ciencias de la Ingeniería hace uso del refrigerante, clorodifluorometano, (HCFC-22), en la planta piloto de Ingeniería de Alimentos.

Además hay que resaltar que todos los edificios están conectados al sistema nacional interconectado de electricidad.

3.2.1. Emisiones por consumo de electricidad

En la tabla 20, se puede observar los consumos de electricidad por los edificios utilizados por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Tabla 20. Consumos de electricidad históricos por los edificios utilizados por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (Kwh)

Año	Laboratorios	Taller automotriz	Bloque B
2009	232 451	27 418	125 447
2010	223 332	27 251	128 922
2011	251 966	27 514	121 787
2012	264 380	30 663	125 305

En la figura 32, se puede observar los consumos anuales de electricidad por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

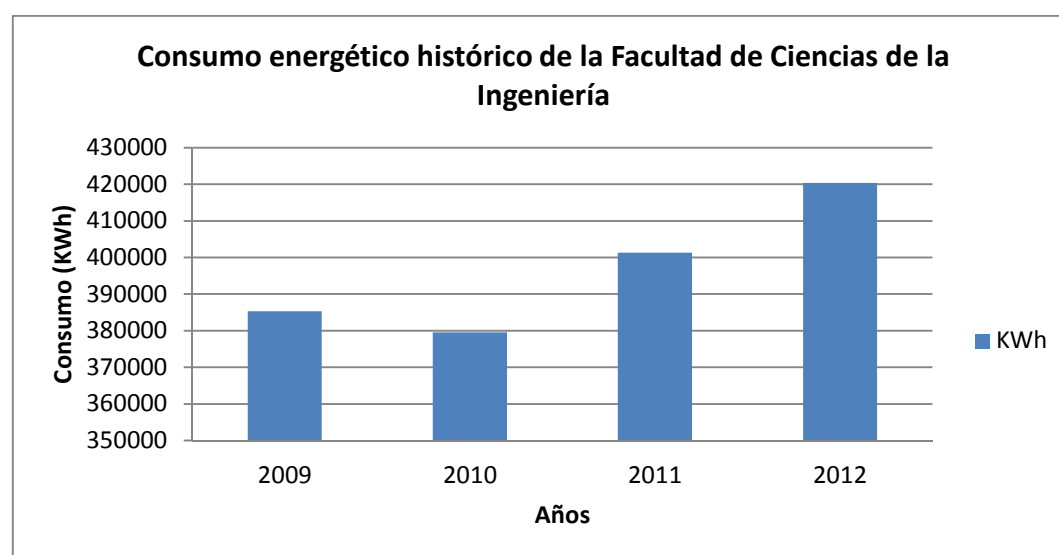


Figura 32. Consumo energético histórico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (kWh)

En la tabla 21, se puede observar la emisión de gases de efecto invernadero, por el consumo de electricidad, durante los 4 años, los resultados, en toneladas de CO₂eq.

Tabla 21. Toneladas de CO₂eq emitidas por el consumo de electricidad de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Año	kWh	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂ eq
2009	385 316	122,91	0,0040	0,00077	123,25
2010	379 505	121,06	0,0040	0,00076	121,39
2011	401 267	128,00	0,0042	0,00081	128,35
2012	420 348	134,09	0,0044	0,00085	134,45

En la figura 33, se puede observar cómo ha aumentado la emisión de CO₂eq en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, a partir del 2011.

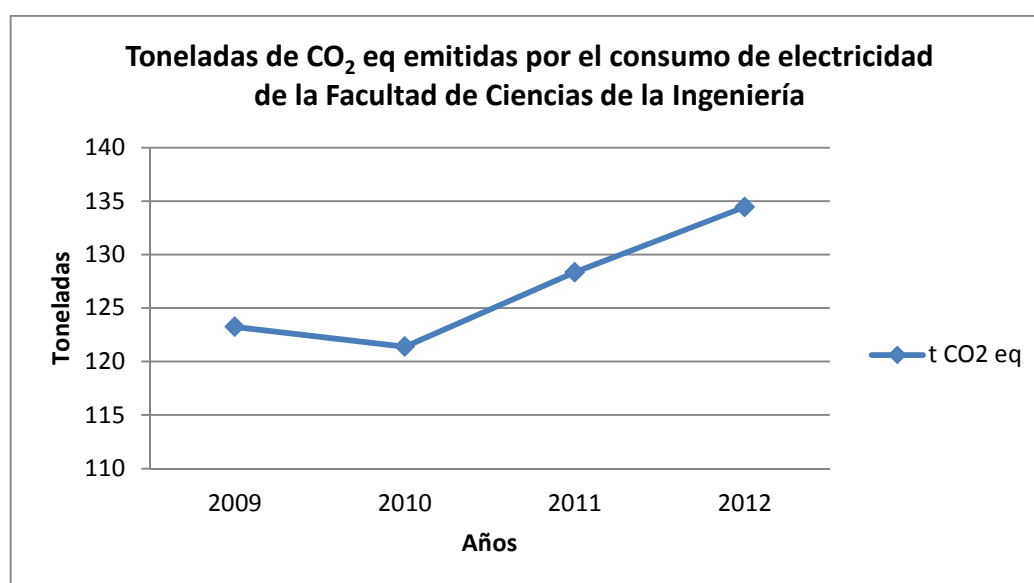


Figura 33. Toneladas de CO₂eq emitidas por el consumo de electricidad de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

El aumento de la demanda energética se debe a que existen más estudiantes dentro de la Facultad.

3.2.2. Emisiones por consumo de refrigerante

En la planta piloto de Ingeniería de Alimentos utilizan el refrigerante de nombre comercial Genetron 22, que tiene una fórmula química, CHClF₂, clorodifluorometano, HCFC-22, que tiene un potencial de calentamiento global de 1 810. (IPCC, 2007)

Con esto se pudo calcular las emisiones de CO₂eq de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, lo cual se evidencia en la tabla 22.

Tabla 22. Toneladas emitidas por el refrigerante consumido por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Año	lb	kg	t	t CO ₂ eq
2009	30	13,605	0,013	24,626
2011	30	13,605	0,013	24,626

En la figura 34, se puede observar las emisiones de CO₂eq durante el 2009 hasta el 2011, esto por cuanto solo han hecho un recambio en el suministro de refrigeración.

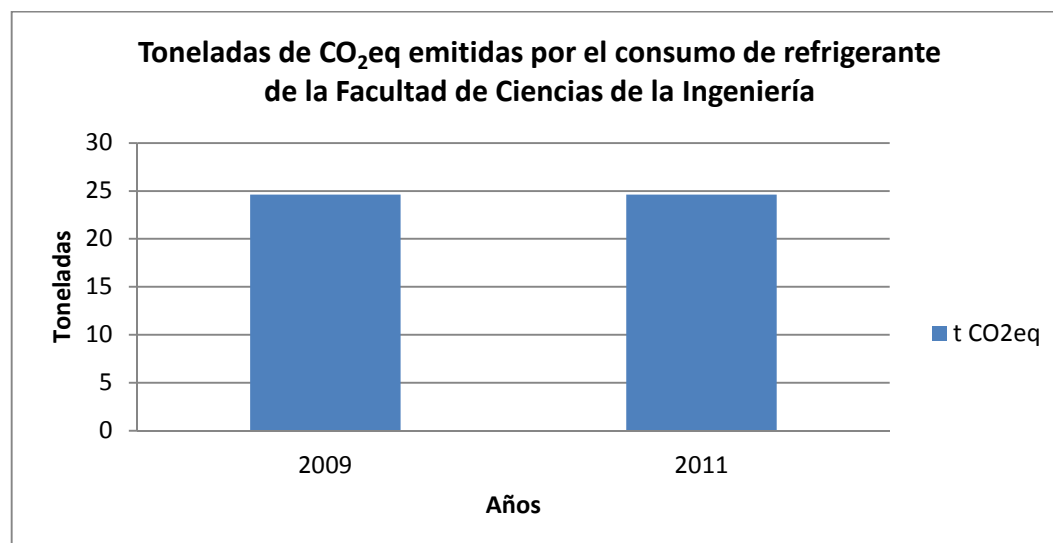


Figura 34. Toneladas de CO₂eq emitidas por el consumo de refrigerante de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

3.2.3. Emisiones totales hechas por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en el Alcance 2.

En el Alcance 2, se cuantifican las emisiones hechas por el uso de electricidad y refrigerantes consumidos por la Facultad, expresadas en toneladas de CO₂eq, y se muestran en la tabla 23, en cada año durante el período 2009 -2012.

Tabla 23. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq en el alcance 2 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 – 2012

Años	t CO ₂ eq
2009	147,87
2010	121,39
2011	152,97
2012	134,45

Con respecto a las emisiones de CO₂eq del Alcance 2, se puede observar que no tienen una variación significativa, solamente en el año 2010 disminuyen por efecto de los cortes de energía eléctrica mencionados.

En la figura 35, se puede apreciar la evolución de las emisiones de CO₂eq en el alcance 2, durante el período 2009-2012.

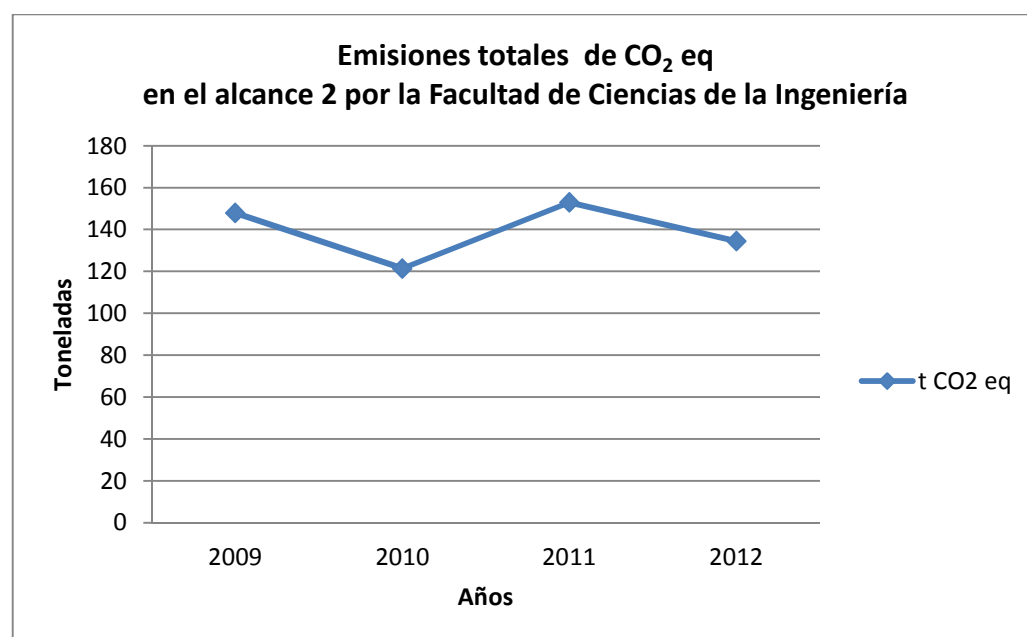


Figura 35. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq en el alcance 2 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

3.3. Emisiones del Alcance 3.

En el presente estudio, se pudo encontrar que la Facultad de Ciencias de la Ingeniería realizó trámites para que los docentes y administrativos realicen viajes aéreos, además se evidenció el consumo de papel virgen para impresiones.

3.3.1. Emisiones por viajes aéreos

La Facultad, ha tramitado viajes aéreos desde el año 2010, proporcionado la información acerca de los viajes realizados, y se ha estimado la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos en cada viaje, y se ha calculado con los potenciales de calentamiento global el total de CO₂eq según se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Toneladas de CO₂eq emitidas por los viajes aéreos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Año	Millas	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
2010	388	0,088	4,035 E ⁻⁰⁶	0,000 003	0,089
2011	680	0,155	0,000 007	0,000 005	0,157
2012	7 584	1,403	7,887 E ⁻⁰⁵	0,000 064	1,424

En la figura 36, se aprecia la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero durante el transcurso de los 4 años, 2010 – 2012.

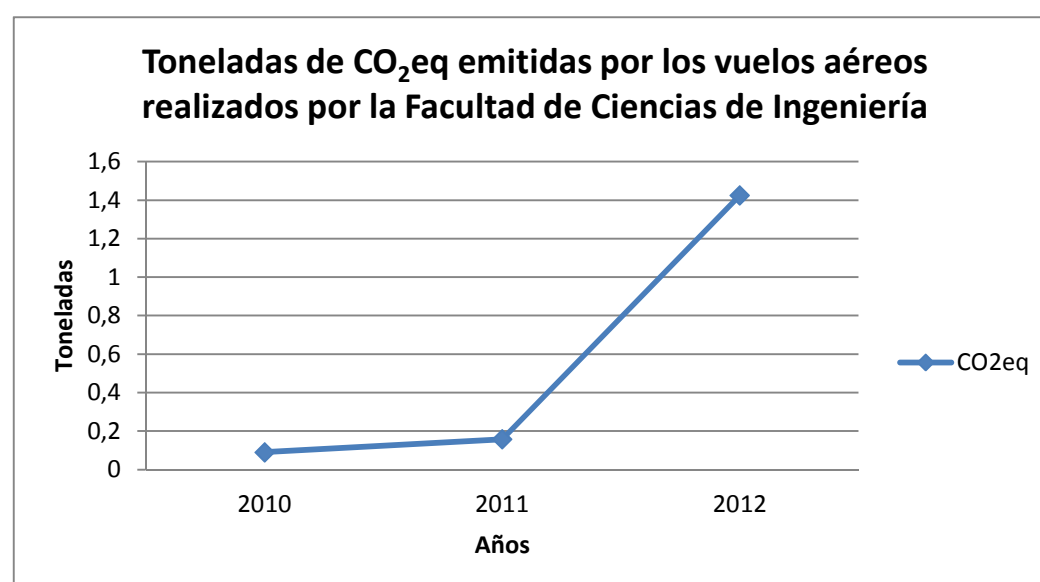


Figura 36. Toneladas de CO₂eq emitidas por los vuelos aéreos realizados por la Facultad de Ciencias de Ingeniería

3.3.2. Emisiones por el consumo de papel

El consumo de papel también debe incluirse dentro del Alcance 3, ya que en el caso de la industria del papel se considera una fuente de emisión por utilizar carbonato de sodio para dar blanqueamiento al papel o para aplicarlo directamente en la producción de pulpa. (Guerra, 2007)

Se tomó un cálculo en base a las resmas presentadas por los trámites de la facultad, teniendo que una resma pesa 2,25 kg.

En este caso la Facultad de Ciencias de la Ingeniería se encontró el consumo de papel, en kg, desde el año 2009 hasta el 2012, según se muestra en la figura 37.

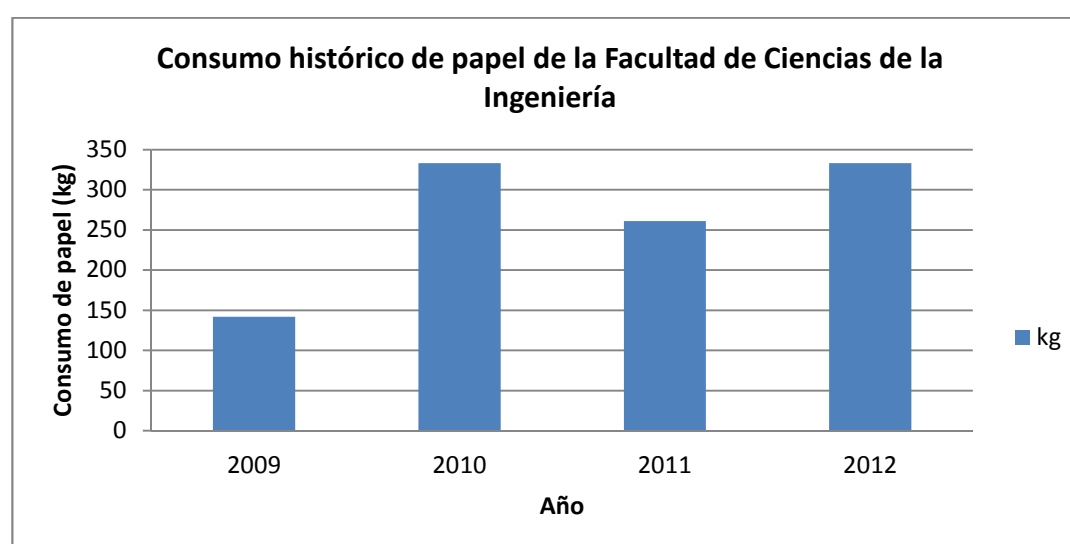


Figura 37. Consumo histórico de papel de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

En la tabla 25, se puede apreciar la evolución de las emisiones de CO₂eq, por el consumo de papel durante el período 2009-2012.

Tabla 25. Toneladas emitidas por el consumo de papel por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Año	kg	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
2009	141,75	0,140	0,000 8	0,004 23	1,472
2010	333	0,330	0,001 9	0,009 95	3,458
2011	261	0,258	0,001 5	0,007 80	2,710
2012	333	0,330	0,001 9	0,009 95	3,458

En la figura 38, se puede observar las emisiones de CO₂eq durante el 2009 hasta el 2012 por el consumo de papel efectuado por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

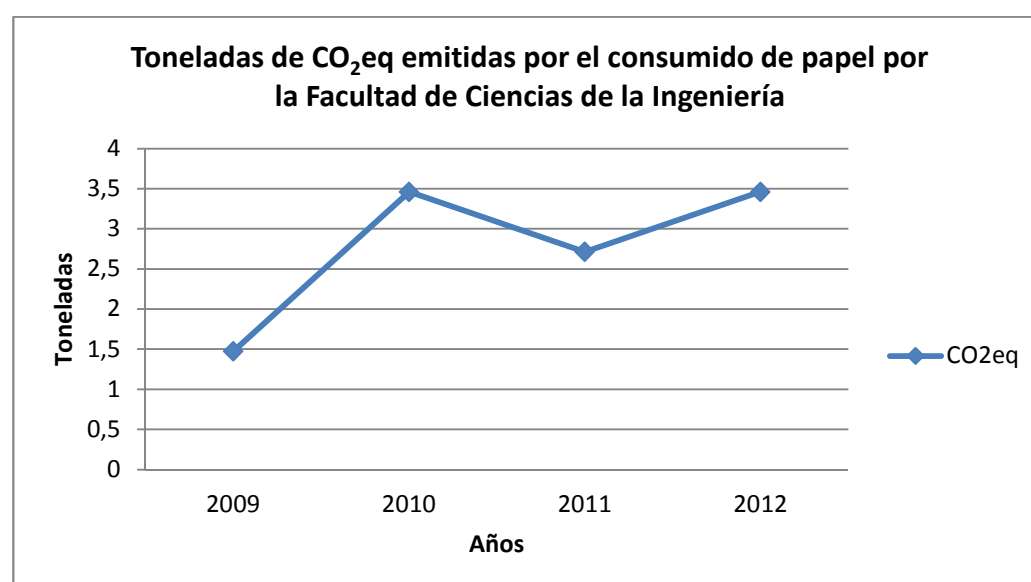


Figura 38. Toneladas de CO₂eq emitidas por el consumo de papel por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

3.3.3. Emisiones totales hechas por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en el Alcance 3.

En el Alcance 3, se cuantifican emisiones que son consecuencia de las actividades de la Facultad, pero se originan en fuentes que no son propiedad de ella, están expresadas en toneladas de CO₂eq, y se muestran en la tabla 26, en valores anuales durante el período 2009 -2012.

Tabla 26. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq en el alcance 3 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería durante el período 2009 – 2012

Año	t CO ₂ eq
2009	1,472
2010	3,548
2011	2,868
2012	4,883

En la figura 39, se puede apreciar la evolución de las emisiones de CO₂eq en el Alcance 3, durante el período 2009-2012.

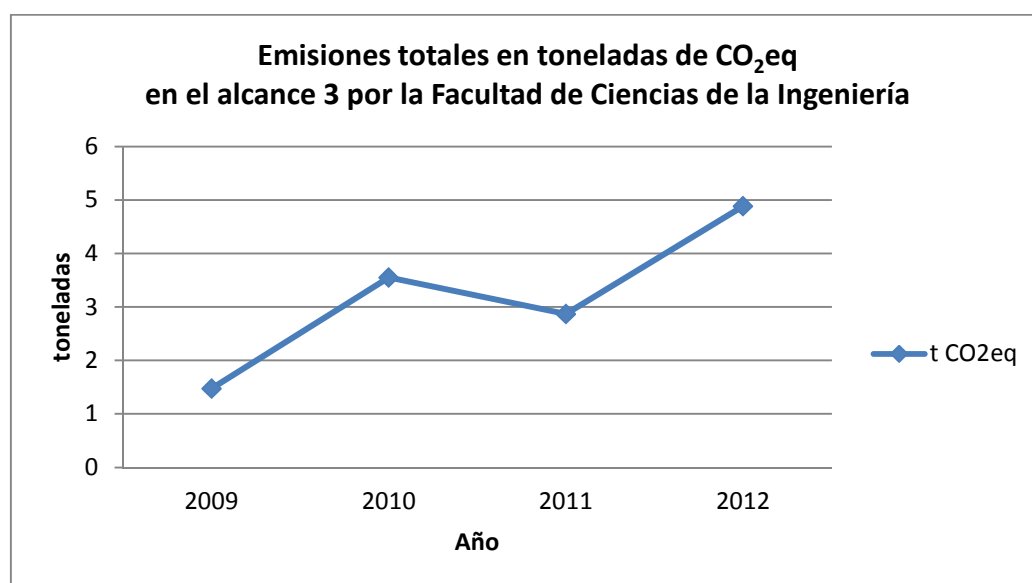


Figura 39. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq en el alcance 3 por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

3.4. Emisiones totales de CO₂eq por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

De acuerdo al inventario realizado en los alcances 1, 2 y 3, descritos anteriormente, se puede observar, en la tabla 27, cómo ha evolucionado la huella de carbono durante el período 2009-2012, y se puede afirmar que el alcance 2, es el que posee más emisiones, debido al uso de electricidad.

Tabla 27. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq durante el período 2009 - 2012

Año	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total t CO ₂ eq
	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	
2009	2,065	147,876	1,472	151,41
2010	4,863	121,391	3,548	129,80
2011	2,743	152,978	2,868	158,58
2012	3,068	134,455	4,883	142,40
Porcentaje promedio	2,25%	95,52%	2,24%	

Como se aprecia en la tabla anterior las emisiones de CO₂eq son similares en los años analizados, a excepción del año 2010, que disminuyó las emisiones porque no utilizó gran cantidad de energía.

En la figura 40, se puede apreciar que ha pasado con los alcances durante el avance del período 2009 – 2012, denotándose que las emisiones del Alcance 2, llegan a tener un porcentaje de más del 95% de las emisiones, con respecto a las emisiones de los alcances 1 y 3.

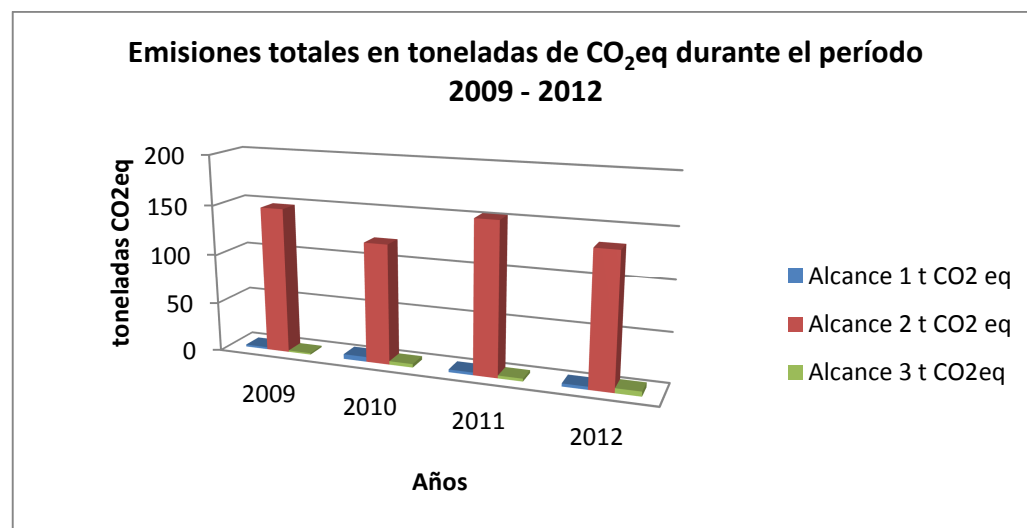


Figura 40. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq por alcance durante el período 2009 - 2012

En la figura 41 se aprecia como las emisiones de CO₂eq han variado sin un cambio brusco durante el período 2009 -2012, sin embargo se denota claramente como en el año 2010 disminuyó la huella de carbono por el menor consumo de electricidad.

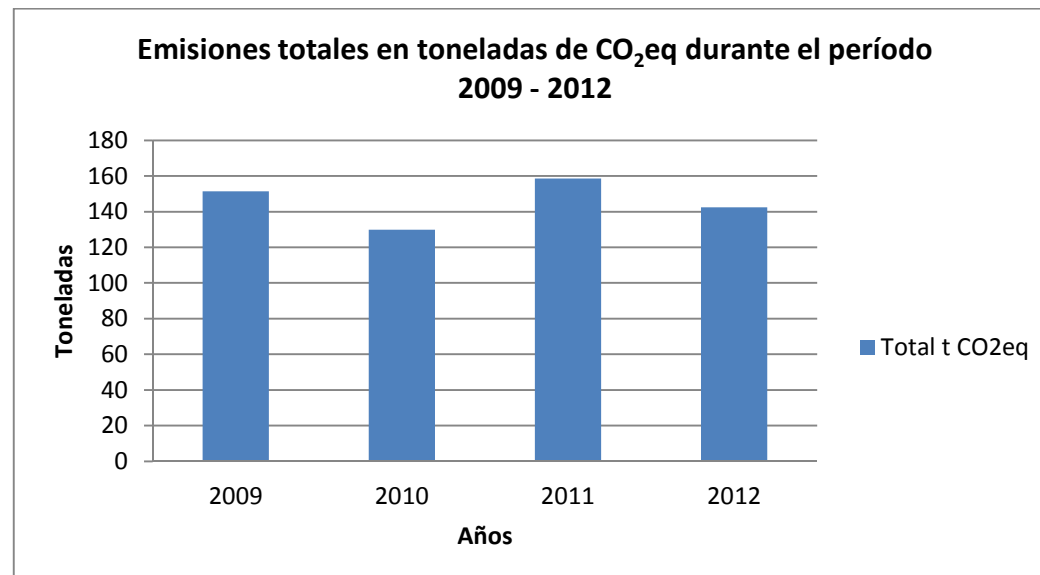


Figura 41. Emisiones totales en toneladas de CO₂eq durante el período 2009 – 2012 de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Para identificar los componentes de la huella de carbono en las cuales la Facultad de Ciencias de la Ingeniería ha realizado su mayor cantidad de

emisiones, se ha hecho un análisis en la tabla 28, en donde se puede observar las emisiones de Facultad por componente.

Tabla 28. Emisiones en toneladas de CO₂eq por componente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Año	Electricidad	Refrigerante	Papel	GLP	Vuelos	Generador	Vehículos
	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	CO ₂ eq
2009	123,25	24,625	1,472	1,069	0	0,537	0,458
2010	121,39	0	3,458	3,510	0,089	1,074	0,278
2011	128,35	24,625	2,710	2,261	0,157	0,268	0,212
2012	134,45	0	3,458	2,330	1,424	0,537	0,200

En la figura 42 se puede apreciar que las emisiones provenientes del consumo de energía eléctrica son las más elevadas dentro del inventario de CO₂eq de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

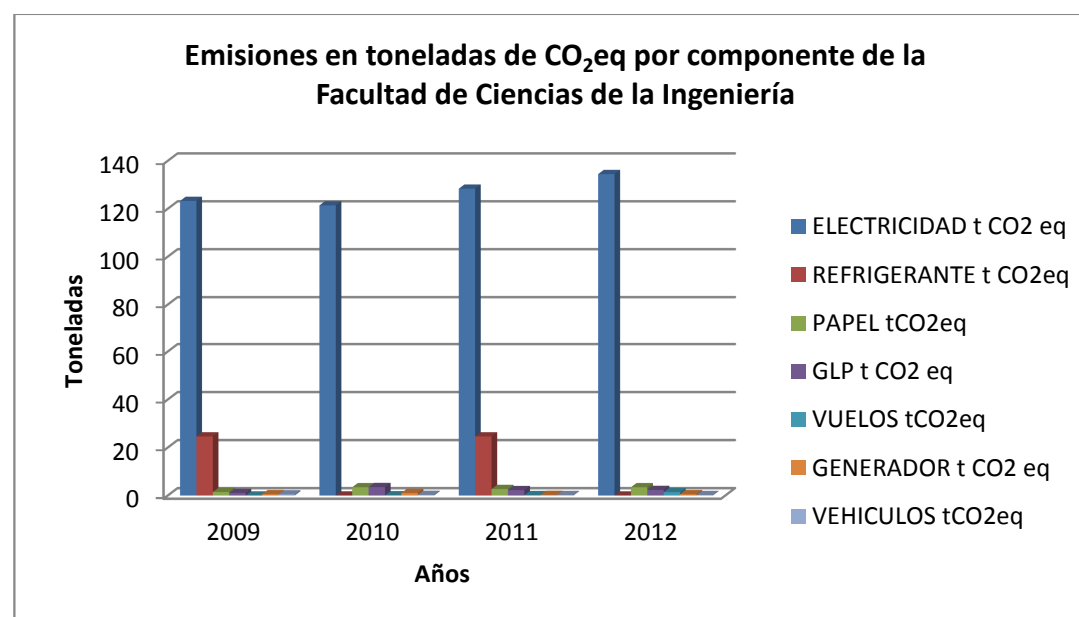


Figura 42. Emisiones en toneladas de CO₂eq por componente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

En la tabla 29, se puede observar los porcentajes de cada componente de la Huella de Carbono obtenida en la Facultad de Ciencias de

la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial, denotando que en promedio el mayor aporte de la huella es el consumo de electricidad con un 83,79%, y el menor aporte es el del uso de vehículos con un promedio de 0,19%, este último valor representa únicamente a los vehículos propios utilizados por la Facultad, y no representa a los vehículos que son utilizados diariamente por los docentes y estudiantes.

Tabla 29. Porcentaje de emisiones de CO₂eq por componente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

	Electricidad	Refrigerante	Papel	GLP	Vuelos	Generador	Vehículos
Año	tCO₂eq	tCO₂eq	tCO₂eq	tCO₂eq	tCO₂eq	tCO₂eq	tCO₂eq
2009	81,40%	16,26%	0,97%	0,71%	0,00%	0,35%	0,30%
2010	80,17%	0,00%	2,28%	2,32%	0,06%	0,71%	0,18%
2011	84,77%	16,26%	1,79%	1,49%	0,10%	0,18%	0,14%
2012	88,80%	0,00%	2,28%	1,54%	0,94%	0,35%	0,13%
Promedio	83,79%	8,13%	1,83%	1,51%	0,28%	0,40%	0,19%

3.5. Comparación de la Huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería con la huella de otras universidades

Complementariamente a este estudio se propone comparar la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería con otros establecimientos educativos que hayan calculado su huella de carbono, para observar así, el comportamiento de las emisiones de CO₂eq.

En la tabla 30 se puede observar como la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial (FCI-UTE), tiene la menor huella de carbono con 142,40 tCO₂eq, y también tiene las menores emisiones por estudiante con 0,06 tCO₂eq/estudiante. Estos valores deben comprobarse en otros estudios con universidades de iguales condiciones.

Tabla 30. Comparación de la Huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería con otras universidades

Universidad	País	Último año calculado	Emisiones (tCO ₂ eq)	Estudiantes	Emisiones por estudiante (tCO ₂ eq/estudiante)
CATIE	Costa Rica	2006	2 082,1	561	3,71
Alcalá	España	2011	8 088,08	28 000	0,29
Miami	Estados Unidos	2008	125 039	20 100	6,22
FCI-UTE	Ecuador	2012	142,40	2 467	0,06

En la tabla 31, se puede observar como el componente energía es el factor que aumenta con más frecuencia, exceptuando al CATIE, que por su naturaleza de finca, posee más emisiones de la degradación de compuestos biológicos.

Tabla 31. Comparación de aporte por componente de la huella de carbono entre universidades

Universidad	Porcentaje por Componente					
	Electricidad	Transporte	Viajes aéreos	Refrigerante	Papel	Finca
CATIE	10,37%	16,65%	29,95%	-	0,15	42,38%
Alcalá	56,07%	2,1%	0,14%	13,30%	-	-
Miami	50,7%	12,2%	7,4%	-	0,5%	-
FCI-UTE	83,79%	0,19%	0,28%	8,13%	1,83%	-

También se puede observar como la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTE, tiene un gasto muy elevado en lo que respecta al componente electricidad, ya que las actividades en la Facultad empiezan desde las 7:00 y terminan a las 21:30; además tiene un menor aporte con el gasto de combustibles en el transporte, y el mayor aporte en el gasto de papel.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- El presente estudio ha revelado que la Facultad de Ciencias de la Ingeniería realiza actividades que generan emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, que pudieron ser contabilizadas en diferentes componentes como consumo de combustibles, refrigerantes, GLP, consumo eléctrico, realización de vuelos y consumo de papel.
- Se obtuvo que la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería fue de 151,41 t CO₂eq durante el 2009, 129,80 t CO₂eq durante el 2010, 158,58 t CO₂eq durante el 2011 y 142,40 t CO₂eq durante el 2012.
- Se evidenció que la mayor cantidad de emisiones de CO₂eq fue emitida por el consumo de electricidad, siendo ésta la mayor fuente de emisiones de la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, con 123,25 t CO₂eq en el 2009, 121,39 t CO₂eq en el 2010, 128,35 t CO₂eq en el 2011 y 134,45 t CO₂eq en el 2012, teniendo en promedio de 83,79%.
- Las menores emisiones de CO₂eq es la representada por el uso de vehículos de la institución, con un promedio de 0,19%, ya que sólo se consideró los vehículos propios, éste valor debe ser recalculado ya que se deben considerar los vehículos de los docentes y estudiantes que aportan al componente de uso de vehículos en la huella de carbono.

- Con respecto al uso de refrigerantes de la Facultad se puede observar que, si bien es cierto su potencial de calentamiento global es alto, las emisiones no son significativas, ya que el sistema de la planta de alimentos es eficiente y solo utiliza 30 libras de refrigerante cada dos años.
- A pesar de que la cantidad de papel consumido por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería no es significativa, con un de 3,458 t CO₂eq, la Universidad Tecnológica Equinoccial ha implementado una iniciativa para disminuir el uso de papel, mediante el uso de un sistema de trámites por internet, así como el uso de sensores de movimiento que activan o desactivan el sistema de iluminación.
- Con respecto a la comparación de la huella de carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, se pudo evidenciar que las instituciones como la Universidad de Alcalá y la Universidad de Miami, coincidieron en que la fuente de emisión mayoritaria es el consumo de electricidad.
- Se estableció que la Facultad de Ciencias de la Ingeniería tiene la menor cantidad de emisión por estudiante, 0,06 tCO₂eq/estudiante, en comparación con otras instituciones de educación, lo que permitirá visualizar oportunidades para el control de las emisiones.

4.2. Recomendaciones

- Determinar la huella de carbono de la Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Cuantificar la huella de carbono de cada una de las Facultades de la Universidad, para conocer el porcentaje de aporte y determinar estrategias para su disminución.

- Determinar huella de carbono por estudiante de cada carrera de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, con el fin de identificar procesos claves para el control de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Establecer programas de ahorro de energía y utilizar fuentes de luz con menor consumo eléctrico, en todas las aulas de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.
- Establecer factores de emisión nacionales para todos los componentes utilizados en las diferentes actividades, como combustibles, de tal manera que el cálculo de la huella de carbono se acople más a la realidad del Ecuador.
- Diseñar un software de acceso libre para cuantificar las emisiones de CO₂eq, permitiendo que las empresas e instituciones de cualquier naturaleza pueda cuantificar su huella de carbono.
- Realizar estudios de captura de carbono en base a actividades propias de la institución o de especies forestales circundantes, de esta manera se puede llegar a completar el ciclo de carbono neutral.
- Establecer una política de compras de bienes con bajo aporte de carbono, como productos reciclados, o reutilizar materiales y equipos cuando sea factible.
- Actualizar equipos informáticos, de tal manera que los nuevos equipos consuman menos electricidad en cada una de las oficinas de la Facultad.
- Manejar redes para centralizar equipos periféricos como impresoras y scanners, reduciendo así el consumo de electricidad.

- Utilizar tecnología LED en equipos e iluminación, para obtener un ahorro significativo en energía eléctrica.
- Establecer programas de control en los componentes de la huella de carbono de la Facultad para instaurar medidas correctivas y preventivas.
- Socializar la huella de carbono dentro de la institución para propiciar el apoyo de la comunidad universitaria en la lucha contra el cambio climático.

V. BIBLIOGRAFÍA

V. Bibliografía

- AENOR. (2009). Combustibles para automoción. Combustibles para motor diesel (gasóleo). Requisitos y métodos de ensayo. *UNE EN 590:2009*. España: AENOR.
- Aguilar, S. (7 de Febrero de 2011). *Los Estándares ISO y la Medición de Huella de Carbono*. Obtenido de Foro sobre Cambio Climático y Comercio: <http://www.ambienteycomercio.org/?p=657>
- Albán, M., & Prócel, A. (2012). *INFORME SOBRE EL ESTADO Y CALIDAD DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO EN ECUADOR*. Quito: CEDA.
- Amestoy, J. (2010). *El planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Austrogas. (15 de Julio de 2011). *Que es el GLP*. Obtenido de Austrogas: http://www.austrogas.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=23
- Ayllón, T. (2003). *Elementos de Meteorología y Climatología*. México: Trillas.
- Baethgen, W., & Martino, D. (22 de Febrero de 2013). *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria*. Obtenido de http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/ambiente/cc_gei_agrop_forestal.pdf

- Bascón, D. (2011). *Estudio de la Huella de Carbono del Producto*. Obtenido de Prochile: http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files_mf/documento_11_28_11171243.pdf
- Brander, M., Sood, A., Wylie, C., Haughton, A., & Lovell, J. (Agosto de 2011). *Electricity-specific emission factors for grid electricity*. Obtenido de Ecometrica: http://ecometrica-cms-media.s3.amazonaws.com/assets/media/pdf/electricity_factors_paper.pdf
- Butcher, K., Crown, L., & Gentry, E. (Mayo de 2006). *The International System of Units (SI) –Conversion Factors for General Use*. Obtenido de National Institute of Standards and Technology: <http://www.nist.gov/pml/wmd/metric/upload/SP1038.pdf>
- Cáceres, L., & Nuñez, A. M. (2011). *Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Cambio climático global. (2013). *Efecto invernadero*. Recuperado el 6 de Abril de 2013
- Carballo, A., García, M., Doménch, J., Villasante, C., Rodríguez, G., & Mónica, G. (2008). La Huella Ecológica Corporativa: Concepto y Aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia. *Galega de Economía*, 17(2), 1-2.
- Casper, J. (2009). *Greenhouse gases: worldwide impacts*. New York: Infobase.

Castellis, X. (2012). *Energías renovables: Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*. Madrid: Díaz de Santos.

Cavallucci, O. (2009). *¿Como esta aprovechando el Ecuador las oportunidades del MDL* . Quito, Pichincha , Ecuador: Universidad Andina Simon Bolívar .

CENACE-CONELC-MAE. (2012). *Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador del año 2012*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/Informe-de-Factor-de-Emision-de-CO2-20121.pdf>

Centro de Comercio Internacional. (12 de Marzo de 2012). *Normas de la huella de carbono para productos* . Obtenido de International Trade Centre:
<http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Publications/Product%20Carbon%20Footprinting%20Spanish%20for%20web.pdf>

CEPAL. (29 de Mayo de 2013). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. Obtenido de CEPAL:
http://www.eclac.org/dmaah/noticias/noticias/9/40559/Metodolog%C3%ADas_de_c%C3%A1lculo_HC_y_implicaciones_AL.pdf

Comunidad Andina. (2005). *Huella Ecológica Andina*. Obtenido de Comunidad Andina:
www.comunidadandina.org/desarrollo/huella_ecologica.pdf

Correa, R., Patiño, R., Espinosa, M., Aguiñaga, M., Baki, I., Ortega, D., . . .

Alexandra, R. (2010). *ENE Emisiones Netas Evitadas*. Obtenido de Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana:
http://www.mmrree.gob.ec/2012/proyecto%20ENE_espanol.pdf

Doménech, J., & González, M. (2008). *Huella del carbono corporativa: una herramienta de gestión empresarial contra el cambio climático*. Gijón: Autoridad Portuaria de Gijón.

El Telégrafo. (31 de Diciembre de 2012). El segundo periodo del Protocolo de Kioto entrará en vigencia desde enero del 2013. *El Telégrafo*.

EPA. (Junio de 2008). *Indirect Emissions from Purchases/Sales of Electricity and Steam*. Obtenido de Environmental Protection Agency:
http://www.epa.gov/climateleadership/documents/resources/indirect_electricity_guidance.pdf

EPA. (2008). *Optional emissions from commuting, business, travel and product transport*. California: EPA.

EPA. (7 de Noviembre de 2011). *Center for Corporate Climate Leadership*. Obtenido de <http://www.epa.gov/climateleadership/guidance/ghg-emissions.html>

EPA Victoria. (Mayo de 2011). *GREENHOUSE GAS EMISSION FACTORS FOR OFFICE COPY PAPER*. Obtenido de EPA Victoria:
[http://epanote2.epa.vic.gov.au/EPA/publications.nsf/2f1c2625731746aa4a256ce90001cbb5/a8a9bf6c78cd6225ca257826001028ab/\\$FILE/1374.pdf](http://epanote2.epa.vic.gov.au/EPA/publications.nsf/2f1c2625731746aa4a256ce90001cbb5/a8a9bf6c78cd6225ca257826001028ab/$FILE/1374.pdf)

- Ewing, B., Reed, A., Rizk, S., Galli, A., Wackernagel, M., & Kitzes, J. (2008). *Calculation*. Oakland: Global Footprint Network.
- Ferraro, A. (2008). *The Carbon Footprint of Miami University, Oxford, Ohio*. Oxford: Universidad de Miami.
- Finanzas Carbono. (15 de Mayo de 2013). *Los sistemas de comercio de emisiones*. Obtenido de Finanzas Carbono:
<http://finanzascarbono.org/mercados/acerca/comercio-emisiones/>
- Fundación Entorno. (28 de Mayo de 2013). *Acción CO2*. Obtenido de Fundación Entorno: <http://www.accionco2.es/guia/define-el-alcance-del-calculo.html>
- Gallegos, M. (30 de Junio de 2013). *Análisis Mercado de Carbono en el Ecuador*. Obtenido de Enciclopedia y Biblioteca Virtual de las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas:
<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2012/magg.pdf>
- Gómez, M. (Septiembre de 2012). *Huella de carbono en los alimentos y bebidas*. Obtenido de Enfasis:
<http://www.enfasis.com/Presentaciones/FTSMX/2012/Summit/Mesa-Panel-Sustentabilidad-Walmart.pdf>
- Guerra, L. (2007). *Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

- Huella de carbono. (2009). *Que es la huella de carbono*. Recuperado el 21 de Febrero de 2013, de <http://www.huellacarbono.es/apartado/general/huella-de-carbono.html>
- IEA. (Marzo de 2013). *CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights*.
Obtenido de International Energy Agency:
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2emissionsfromfuelcombustionHIGHLIGHTSMarch2013.pdf>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC GUIDELINES* . Obtenido de <http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf>
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Combustión Fija*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Combustión Móvil*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007, informe de síntesis*. Recuperado el 4 de Abril de 2013, de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

- IPCC. (2008). *Intergovernmental panel of climate change*. Obtenido de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- La Hora. (13 de enero de 2010). Gobierno de Ecuador reduce a la mitad periodo de apagones por crisis eléctrica. *La Hora*, págs. http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/958100/-1/Gobierno_de_Ecuador_reduce_a_la_mitad_periodo_de_apagones_por_crisis_el%C3%A9ctrica.html#.Ucd0ofILNX0.
- Lafferriere, R. (2008). *El Mecanismo de Desarrollo Limpio Del Protocolo de Kyoto*. Buenos Aires: Lulu.com.
- Letete, T., Mungwe, N., Guma, M., & Marquard, A. (22 de Mayo de 2013). *University of Cape Town Carbon Footprint*. Obtenido de Energy Research Centre: www.erc.uct.ac.za/Research/publications/10Thapeleetal-UCT_footprint.pdf
- Martínez, J., & Adrián, F. (2004). *Cambio climático: una visión desde México* (Primera ed.). México: Instituto Nacional de Ecología.
- Ministerio de Energía y Minas y EL Ministerio del Ambiente. (2002). *CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL*. Quito.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2008). *Análisis de la huella ecológica de España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

Ministerio del Ambiente. (2011). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Obtenido de Ministerio del Ambiente:
<http://web.ambiente.gob.ec/?q=node/1664>

Ministerio del Ambiente. (1 de Julio de 2011). *Políticas públicas e Institucionalidad Ambiental*. Obtenido de
http://www.ceda.org.ec/descargas/seminarioCEDA2011/Marco_ChIU_Mayo2011.pdf

Ministerio del Ambiente. (2013). *Informe de Cálculo de la Huella Ecológica del Ministerio del Ambiente*. Quito: Ministerio del Ambiente.

Naciones Unidas. (5 de Mayo de 1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de
<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

NOAA. (21 de Agosto de 2012). *Global Warming; Frequently Asked Questions*. Obtenido de National Oceanic and Atmospheric Administration: <http://www.ncdc.noaa.gov/cmb-faq/globalwarming.html>

Observatorio de la Sostenibilidad de España. (2010). *Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono*. Recuperado el 21 de Febrero de 2013, de Observatorio de la Sostenibilidad de España: http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/_Documentos/herramientas.pdf

Observatorio de la Sostenibilidad de España. (26 de Mayo de 2013). *Observatorio de la Sostenibilidad de España*. Obtenido de

Observatorio de la Sostenibilidad de España:

<http://www.sostenibilidad->

[es.org/sites/default/files/_Documentos/herramientas.pdf](http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/_Documentos/herramientas.pdf)

OMM. (19 de Noviembre de 2012). *Boletín sobre los gases de efecto*

invernadero. Obtenido de

https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/G

[HG_Bulletin_No.8_es.pdf](https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/GHG_Bulletin_No.8_es.pdf)

OMM y PNUMA. (2001). *Cambio climático 2001*. Obtenido de Cambio

climático 2001: [http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/scientific-](http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/scientific-basis/scientific-spm-ts-sp.pdf)

[basis/scientific-spm-ts-sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/scientific-basis/scientific-spm-ts-sp.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (2012). *La reducción de su huella de*

carbono puede ser buena para su salud. Recuperado el 21 de Febrero

de 2013, de [http://www.who.int/world-health-day/toolkit/annexe%201-](http://www.who.int/world-health-day/toolkit/annexe%201-S.pdf)

[S.pdf](http://www.who.int/world-health-day/toolkit/annexe%201-S.pdf)

Osnaya, P. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. México:

Instituto Nacional de Ecología.

PCF World Forum . (29 de Abril de 2008). *Tesco puts Carbon Reduction*

Label on 20 products. Obtenido de PCF World Forum : [http://www.pcf-](http://www.pcf-world-forum.org/2008/04/tesco-puts-carbon-reduction-label-on-20-products/)

[world-forum.org/2008/04/tesco-puts-carbon-reduction-label-on-20-](http://www.pcf-world-forum.org/2008/04/tesco-puts-carbon-reduction-label-on-20-products/)

[products/](http://www.pcf-world-forum.org/2008/04/tesco-puts-carbon-reduction-label-on-20-products/)

Profesor en línea. (23 de Febrero de 2013). *Profesor en línea*. Obtenido de

http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Efecto_invernadero.htm

Román, J. (21 de Mayo de 2013). Transportes de la Universidad Tecnológica Equinoccial. (F. Viteri, Entrevistador)

Sarmiento, P. (2007). *Energía solar en arquitecta y construcción*. Madrid: RIL Editores.

Savornin, F. (2011). *Diseñando tu instalación solar*. Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de www.entegiasolarencasa.com/archivos/manualsolar.pdf

Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Secretaria del Ambiente de Quito. (2009). *Análisis de la Huella Ecológica de la Ciudad de Quito*. Quito: Secretaria del Ambiente de Quito.

SENDECO2. (12 de Abril de 2013). *Comercio CO2*. Obtenido de SENDECO2: <http://www.sendeco2.com/es/comercio-co2.asp>

SNM. (12 de Septiembre de 2008). *Greenhouse gas emissions*. Obtenido de Shin Nippon Machinery: http://www.snm.co.jp/recruit/lecture/biomass_02.html

SNV. (15 de Marzo de 2009). *Mecanismo de desarrollo, conceptos básicos*. Obtenido de SNV: http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/estudio_mdI-web.pdf

Tecnológico de Monterrey. (2010). Programas estatales de acción ante el cambio climático. *Conceptos básicos sobre el cambio climático* (págs. 6-7). México: Tecnológico de Monterrey.

UNEP. (2012). *Cambio Climático*. Recuperado el 2 de Abril de 2013, de http://www.unep.org/pdf/Climate_change_sp.pdf

Universidad de Alcalá. (2011). *Informe de Huella de Carbono de la Universidad de Alcalá*. Madrid: Universidad de Alcalá.

Universidad San Francisco de Quito. (2012). *Cambio climático*. Recuperado el 2 de Abril de 2013, de <http://www.quitoambiente.com/index.php/cambio-climatico>

Universidad Tecnológica Equinoccial. (2012). *FCI-Memorias Informe de Actividades*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Universidad Tecnológica Equinoccial. (2013). *Informe a la comunidad universitaria - 2013*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

WMO. (2012). *WMO Annual Climate Statement Confirms 2012 as Among Top Ten Warmest Years*. Obtenido de World Meteorological Organization:
http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_972_en.htm
I

World Wildlife Fund. (21 de Mayo de 2012). *Informe Planeta Vivo*. Obtenido de Informe Planeta Vivo 2012:
http://www.wwf.es/noticias/informes_y_publicaciones/informe_planeta_vivo_2012/

WRI, WBCSD. (23 de Febrero de 2013). *Greenhouse gas protocol*. Obtenido de http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo_de_gei.pdf

Zuñiga, I., & Crespo, E. (2010). *Meteorología y climatología*. Madrid: UNED.