



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Ambiental

**Cálculo de la Huella de Carbono del Máster
en Ingeniería Ambiental de la Universidad de
Valladolid. Curso 2014 - 2015.**

Autor:

Bermejo Martínez, Beatriz

Tutor:

Irusta Mata, Rubén.

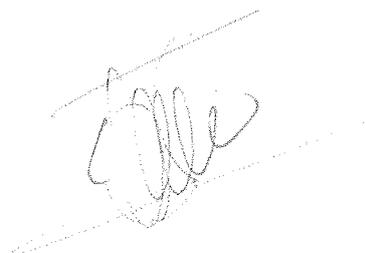
**Departamento de Ingeniería Química y
Tecnología del Medio Ambiente de la
Universidad de Valladolid.**

Septiembre, 2015, Valladolid.

RUBÉN IRUSTA MATA, profesor del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente de la Universidad de Valladolid

INFORMA:

Que **BEATRIZ BERMEJO MARTÍNEZ** ha realizado bajo su dirección el Trabajo Fin de Máster titulado **CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL MÁSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE VALLAODLID. CURSO 2014 - 2015.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rubén Irusta Mata', is written over a set of horizontal dashed lines that serve as a guide for the signature's placement.

Rubén Irusta Mata

Valladolid, 7 de Septiembre de 2015

Reunido el Tribunal designado por el Comité Académico del Máster en Ingeniería Ambiental, para la evaluación de Trabajos Fin de Máster, y después de estudiar la memoria y atender a la defensa del trabajo **CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL MÁSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE VALLAODLID. CURSO 2014 - 2015**, presentado por el alumno **BEATRIZ BERMEJO MARTÍNEZ**, decidió otorgarle la calificación de _____.

El presidente

El secretario

Fdo.

Fdo.

El vocal

Fdo.

Índice

Resumen.....	4
Objetivos.....	5
Introducción.....	6
Material y métodos.....	11
Resultados.....	17
Interpretación de resultados y discusión.....	22
Plan de minimización.....	25
Futuros trabajos.....	27
Conclusiones.....	28
Bibliografía.....	29
Anexo I.....	31
Anexo II.....	35
Anexo III.....	36
Anexo IV.....	37

Resumen

Desde el siglo XIX, coincidiendo con la era de la industrialización, está clara la contribución de los gases de efecto invernadero al aumento del cambio climático natural. El cálculo de la huella de carbono es un muy indicador y una buena herramienta para identificar las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero de una organización, producto o evento. Por eso, se calcula la huella de carbono del Máster en Ingeniería Ambiental durante el curso 2014 - 2015. Más de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la realización del máster son debidas el transporte de los alumnos (sobre todo, los transportes en avión). Le siguen las emisiones por la construcción de edificios, el consumo de combustible fósil y el consumo de electricidad. Todas estas actividades suponen un total de 8,09 ton CO₂ eq emitido a la atmósfera.

Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es el cálculo de la huella de carbono del Máster en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Valladolid durante el curso 2014 - 2015.

Los objetivos específicos son:

- Identificar las fuentes de emisión de GEI que tienen lugar a consecuencia de la impartición de dicho máster.
- Obtener los datos más fiables y precisos de esas emisiones.
- Calcular la cantidad de CO₂ equivalente que se emite a consecuencia de las acciones llevadas a cabo al impartir el máster.
- Elaborar un plan de minimización para el curso 2015 - 2016 con el que se pretende reducir algunas de las emisiones de GEI.

Introducción

Según la Norma ISO 14050, se define el cálculo de la Huella de Carbono de un Producto (HCP) como la suma de gases de efecto invernadero y remociones en un sistema producto expresadas como CO₂ equivalente utilizando una sola categoría de impacto, la de cambio climático.

Antes de presentar el cálculo de la huella de carbono del Máster en Ingeniería Ambiental del curso 2014 - 2015, se expone una introducción sobre los gases de efecto invernadero (GEI), el cambio climático y las huellas de carbono.

Desde hace varias décadas se conocen las propiedades de los GEI y su efecto en el clima. A finales del siglo XIX, ya había estudios sobre la relación entre el CO₂ atmosférico y la variación de las temperaturas, aunque en sus inicios preocupaba más una reducción del CO₂ y un descenso en las temperaturas. Ya en 1894, Arvid Högbom relacionaba el aumento de CO₂ atmosférico debido a la actividad humana con el incremento de las temperaturas (Flannery, 2006).

Casi 100 años más tarde, en el 1992, se celebraba en Río de Janeiro la llamada Cumbre de la Tierra sobre Medio Ambiente y Desarrollo en la que fue adoptada la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y en la que se advierte sobre el aumento antropogénico de los gases de efecto invernadero y su influencia en el aumento del efecto invernadero natural.

Gases de efecto invernadero

El efecto invernadero es el efecto que se produce en la tierra por el simple hecho que la atmósfera es demasiado "transparente" para la radiación de onda corta (radiación solar) y muy "opaca" para la radiación de onda larga (radiación que emite la tierra). Es decir, la atmósfera es un filtro que deja pasar casi toda la radiación procedente del sol, que es absorbida por la tierra, la cual se calienta y emite la radiación terrestre que es detenida por la atmósfera. De no existir este efecto, la temperatura media de la tierra sería de unos -18°C (Martínez & Osnaya, 2004). Los gases contenidos en la atmósfera que producen este efecto son los llamados gases de efecto invernadero. En la CMNUCC se los define como " aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja". Se incluían en el Protocolo de Kyoto de la CMNUCC el CO₂, el CH₄ (metano), el N₂O (óxido nitroso), los HFCs (hidrofluorocarbonos), los PFCs (perfluorocarbonos) y el SF₆ (hexafluoruro de azufre).

Las mediciones del CO₂ atmosférico permiten diferenciar las emisiones que son producidas por los combustibles fósiles de las que son producidas de manera natural por el ciclo del carbono. Para poder hacer esa comparación, son necesarios unos datos a largo plazo conseguidos del análisis de unas burbujas en el hielo de Groenlandia y la Antártida. (Solomon et al., 2007). Antes de la era industrial, la abundancia del CO₂ se mantenía entre 280 ± 20 ppm. (Indermühle et al., 1999). Durante la era industrial, la abundancia de CO₂ aumentó a 367 ppm en 1999 (Griggs & Noguera, 2002) y hasta 379 en 2005.

También se ha producido un aumento en la abundancia de otros gases de efecto invernadero, como son el CH₄ y el N₂O, pero no han coincidido con el inicio de la era industrial y su aumento no ha sido tan significativo, aunque estos aumentos también se deben a causas antrópicas. El origen de los otros gases de efecto invernadero (los CFCs, los HFCs y los PFCs) ha sido la industria química. La abundancia de estos últimos compuesto ha ido aumentando en la atmósfera hasta que empezó a decaer a partir del Tratado de Montreal (Solomon et al., 2007). En la Figura 1, se muestra la evolución en el tiempo de algunos de esos GEI.

El cambio climático

En la CMNUCC se define el cambio climático como "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables".

Determinar las variaciones en el clima es un proceso complicado puesto que los datos de hace años no eran muy fiables o suficientes. Además, también hay que sumar la complicación de diferenciar entre el cambio climático que se produce de manera natural y el cambio debido a causas externas. A pesar de ello, la conclusión a una amplia variedad de estudios realizados en los últimos años demuestra que los cambios climáticos observados no pueden explicarse solo por factores naturales (Solomon et al., 2007). Aún hay una gran incertidumbre sobre las tasas exactas que se pueden esperar, pero está claro que estos cambios cada vez son más importantes y tangibles (Karl & Trenberth, 2003).

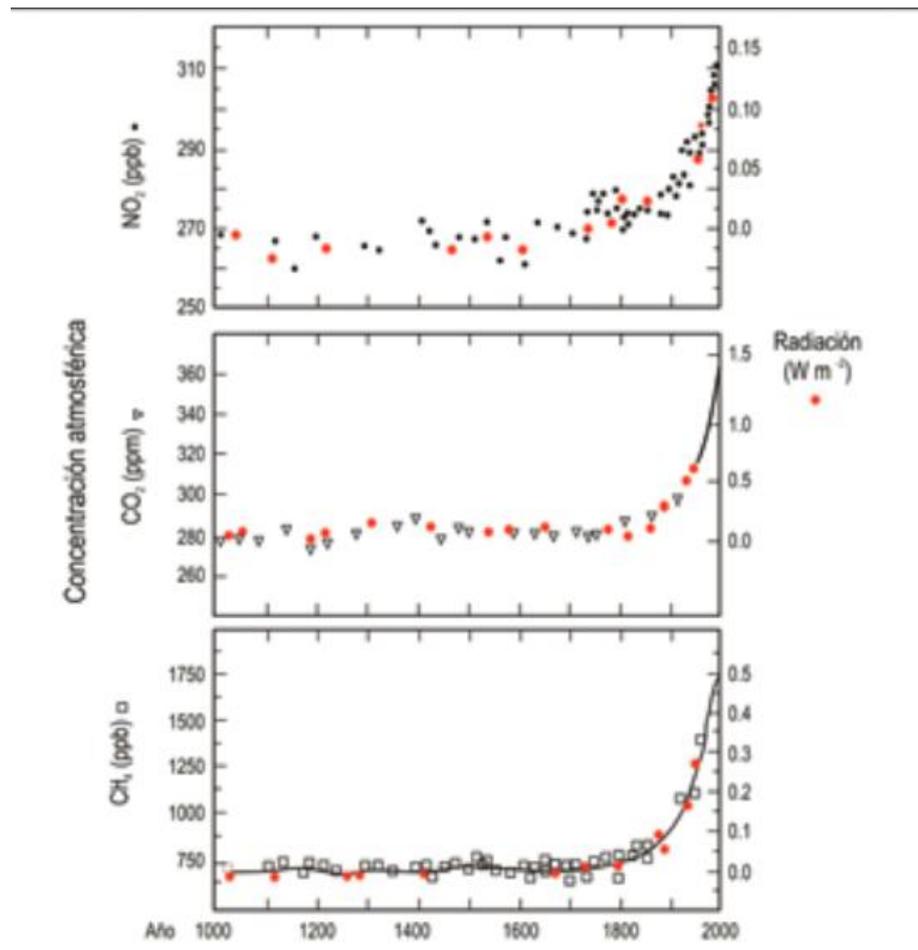


Figura 1. Evolución de los contenidos en NO₂, CO₂ y CH₄ en el último milenio (Griggs & Noguera, 2002)

Según la Norma ISO 14067 el cambio climático de origen antropogénico ha sido calificado como uno de los mayores desafíos que reta tanto a países como individuos y que conlleva graves problemas tanto para el hombre como para los sistemas naturales.

La principal causa de cambio climático global son las emisiones que produce el hombre y que varían la composición atmosférica. Estas perturbaciones resultan principalmente de las emisiones asociadas con el uso de energía. El cambio climático acarrea graves consecuencias como los cambios en las temperaturas y precipitaciones (que en este caso aumentan), la disminución de los polos y el aumento del nivel del mar (Karl & Trenberth, 2003).

De seguir el actual ritmo de emisiones, el clima, tal y como lo hemos conocido hasta ahora, se trastocará haciéndose más violento y variable al principio para dar paso después a una situación que puede poner en peligro la biodiversidad y la civilización (Karl & Trenberth, 2003; Fannery, 2006). Para evitar este cambio climático se pueden

hacer varias cosas, entre las que se encuentran reducir las emisiones de GEI (mayor eficiencia energética, utilización de energías renovables...), ampliar la superficie forestal o incluir cambios en los estilos de vida y la normativa.

Huella de carbono

Un indicador es un signo que refleja una característica cualitativa o cuantitativa de un sistema y que da información sobre las tendencias de dicho sistema. Según la Norma ISO 14031, un indicador ambiental proporciona información sobre la condición local, regional, nacional o global del medio ambiente. Puede proporcionar información sobre la condición ambiental y las actividades, productos y servicios de una organización.

La huella de carbono es un indicador ambiental que permite reportar las emisiones de GEIs en un único dato (indicador ambiental global), fácil de comunicar y entender, que es comparable de unos casos a otros y en el tiempo (punto de referencia) y que es aplicable a todas las situaciones (organización, producto, evento).

La huella de carbono es el cálculo de la totalidad de las emisiones de GEI emitidos por un individuo, organización, evento, o producto de forma directa e indirecta. Se expresa en unidades de CO₂ equivalente, que son las emisiones de GEI calculadas como CO₂ en base a su potencial de calentamiento global (PCG). Se puede definir el potencial de calentamiento global según la Norma ISO 14067 cómo el índice, que con base en las propiedades radiativas de GEI bien mezclados, mide la fuerza radiativa de una unidad de masa de un GEI bien mezclado en la atmósfera actual sobre un tiempo dado de horizonte, relativo al del CO₂.

En el cálculo de la huella de carbono se tienen en cuenta los GEI que aparecen en el Protocolo de Kyoto, con el correspondiente potencial de calentamiento global (Anexo I).

En caso de tratarse del cálculo de la huella de carbono de una organización, el cálculo abarcaría las emisiones de todas las actividades de la organización (emisiones derivadas del consumo energético, emisiones de procesos industriales, emisiones generadas por vehículos que se utilicen...). En caso de que la huella de carbono sea la de un producto, la huella puede ser total (abarcaría todo el ciclo de vida del producto) o parcia (en cuyo caso estarían integradas las emisiones de un determinado proceso). En caso de tratarse de la celebración de un evento, se tienen en cuenta las emisiones del consumo energético y de los combustibles fósiles.

Existen diferentes metodologías de cálculo de una huella de carbono, entre las que podemos encontrar GHG Protocol e ISO 14064 (para el cálculo de las emisiones de una organización), la ISO 14067 (para el cálculo de las emisiones de un producto) y PAS 2050 (para las de un producto o servicio).

El cálculo de la huella de carbono ofrece muchas oportunidades, no solo ambientales, entre las que cabe destacar su contribución a la reducción de las emisiones de GEI (mitigación del cambio climático), la identificación de oportunidades de ahorro económico y energético para las instituciones que calculen su huella de carbono o la de sus productos o servicios o la mejoría en la rentabilidad por incrementos en eficiencia y reducción de costes operacionales.

La principal barrera del cálculo de la huella de carbono sería que solo se centra en la emisión de ciertos GEI, dejando de lado otros problemas ambientales. Además, todavía existe la mentalidad de que el cálculo de la huella de carbono es el fin y no la herramienta para la reducción de las emisiones de GEI.

Materiales y Métodos

El Máster en Ingeniería Ambiental es un máster oficial que se imparte por la Universidad de Valladolid, en el edificio Sede Doctor Mergelina, situado en la Calle Real de Burgos, s/n, en Valladolid.

De manera resumida, en el caso del cálculo de la huella de carbono para las organizaciones, todas las metodologías coinciden en los pasos a seguir:

- Definir los límites de la organización (enfoque de control o enfoque de participación accionaria).
- Definir los límites operacionales:
 - Alcance 1: emisiones directas.
 - Alcance 2: Emisiones indirectas asociadas a la electricidad.
 - Alcance 3: Otras emisiones indirectas.
- Identificación y cálculo de las emisiones de GEI.
 - Identificar las fuentes de emisiones de GEI.
 - Seleccionar un método de cálculo.
 - Recolectar datos de actividad y factores de emisión.
 - Aplicar herramientas de cálculo.
- Seguimiento de emisiones a través del tiempo.

El Máster en Ingeniería Ambiental se puede clasificar dentro de la definición de "producto" propuesta por la Norma ISO 14067: "cualquier bien o servicio". Por lo tanto, se podría definir el máster como un servicio ofrecido por la Universidad de Valladolid (de ahí que en ocasiones se tomen datos específicos publicados o cedidos por la Universidad de Valladolid). Por lo tanto, para el cálculo de la Huella de Carbono del Máster en Ingeniería Ambiental durante el curso 2014 - 2015, se utiliza como metodología de cálculo la propuesta por la Norma ISO 14067, Huella de Carbono de Productos (aunque se hará referencia a emisiones directas e indirectas como en el caso del cálculo para organizaciones).

Dado que el presente trabajo es un Trabajo Fin de Máster (TFM) y sigue sus propias normas de redacción, exposición y comunicación al público, no se tendrán en cuenta las especificaciones de la Norma ISO 14067 sobre la comunicación del la huella de carbono al público.

Como se indica en la Norma ISO 14067, hay que definir una unidad funcional. En el caso del cálculo de la huella de carbono de un máster, lo más adecuado es calcular el

total de emisiones durante el curso 2014 - 2015. Para poder comparar los datos de este curso con cálculos futuros, la unidad funcional elegida deberá ser la misma, es decir el curso completo. Por ejemplo, curso 2015 - 2016 entero.

El siguiente paso es establecer los límites dentro de los cuales se va a trabajar e identificar las fuentes de las emisiones. La Norma ISO indica que el cálculo puede ser parcial (si solo se refiere a una parte del proceso) o total. El cálculo de la huella de carbono del máster en Ingeniería Ambiental será total, es decir, se incluirán todas las emisiones, desde la primera semana de septiembre cuando comenzaron las clases teóricas en la Facultad de Ciencias (Sede Mergelina), hasta las últimas semanas de julio, cuando los alumnos entregaron sus Trabajos Fin de Máster. Se excluyen de este cálculo las siguientes emisiones:

- Las emisiones producidas los días de las exposiciones de los TFM (tanto de la convocatoria de Julio como la de Septiembre) por no poseer datos fiables para su cálculo y porque dichas emisiones no modifican las conclusiones globales de manera significativa (la eliminación de estas emisiones están permitidas por la Norma ISO 14067).
- Las emisiones asociadas a las clases teóricas impartidas durante 10 horas en un aula de informática de la Facultad de Filosofía y Letras por no poseer datos fiables para su cálculo y porque dichas emisiones no modifican las conclusiones globales de manera significativa (la eliminación de estas emisiones están permitidas por la Norma ISO 14067).
- Las emisiones producidas en los centros de trabajo donde los alumnos hayan realizado sus prácticas externas, tanto curriculares como extracurriculares, por no ser competencia ni de la Universidad de Valladolid, ni de los alumnos, ni de los profesores que imparten clase en el máster.
- Las emisiones producidas por los transportes de los profesores que han impartido alguna clase en el máster, dado que no se poseen datos sobre estos consumos.

Por lo tanto, las emisiones que se contabilizan son:

- Las emisiones directas que se generan por el consumo de combustible fósil (gasóleo C) en la Facultad de Ciencias, Sede Doctor Mergelina.
- Las emisiones indirectas que se generan por el consumo de electricidad en dicha facultad (son indirectas debido a que no se producen en el lugar en el

que se consume la electricidad sino que se emiten en el lugar donde la electricidad se genera).

- Otras emisiones indirectas debidas a consumo de combustibles fósil por el transporte de alumnos, consumos asociados a la construcción de edificios y consumo de papel por parte de los alumnos.

Se utilizarán datos de consumos reales proporcionados por la Universidad de Valladolid y datos indirectos obtenidos por la Universidad de Valladolid mediante encuestas y tratamientos estadísticos, y obtenidos por encuestas propias de movilidad realizadas a los alumnos matriculados en el máster.

Los factores de emisión de GEI se obtienen de fuentes oficiales y cercanas en tiempo y espacio a la situación en la que se calculan las emisiones de GEI.

A continuación, se detallan los datos utilizados y su tratamiento para el cálculo de la huella de carbono y las fuentes de los factores de emisión:

- Combustión fija. Para el cálculo de emisiones de GEI asociadas al consumo de combustible fósil en la Sede Doctor Mergelina se utilizan los datos de consumos reales que se indican en las facturas proporcionadas por la Universidad de la Valladolid. Se tienen en cuenta las recargas que se han hecho de gasóleo C durante el tiempo que se ha impartido el máster en dicha facultad. El factor de emisión aplicado en este caso para el cálculo de GEI a partir de gasóleo C se toma de la calculadora del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Anexo II). Es un factor que el Ministerio calcula a partir de las siguientes fuentes:
 - Factores de emisión que se incluyen en el Anexo 8 del Inventario Nacional de Emisiones de España. Años 1990-2011: "Factores de emisión del CO₂ y PCI de los combustibles".
 - Densidad del gasóleo C indicada en el RD 1088/2010, de 3 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 61/2006, de 31 de enero.
- Consumo de electricidad. Al igual que para el consumo de gasóleo C, se toman los datos de las facturas de Iberdrola proporcionadas por la Universidad de Valladolid y se suman los consumos de los meses que se corresponden con la

duración del máster. El factor de emisión se toma de la página web oficial de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) que publica el factor de emisión de kg de CO₂ por cada kWh consumido y que depende del año y de la comercializadora, en este caso es Iberdrola Clientes (Anexo III). Dado que aun no se ha publicado el dato de 2015, se toma como factor el del año 2014 para todo el curso.

- Emisiones asociadas al transporte de los alumnos. No se pueden obtener consumos reales de combustible dado que los alumnos que han utilizado el coche no pueden proporcionar ese dato y debido también a que no se tienen los datos de los consumos del transporte público utilizado. Por ello, se toma el dato en función de los kilómetros recorridos y el tipo de transporte utilizado por cada uno de ellos. Para obtener estos datos, se les pasó a los alumnos una encuesta de movilidad (Anexo IV) con una serie de preguntas sobre el transporte utilizado para:
 - Ir diariamente a la facultad.
 - Ir al sitio donde hayan realizado las prácticas externas curriculares.
 - Ir a la facultad, en caso de necesitarlo, por cuestiones del TFM.
 - Ir a Valladolid, en el caso de los alumnos que no residen en esta ciudad durante el resto del año.

Los transportes usados fueron el coche, el autobús urbano, el autobús interurbano, el tren, el avión y el barco.

Los factores de emisión dependen del tipo de transporte, y cada uno de ellos se obtuvo de diferentes fuentes:

- El factor de emisión del barco se tomó de la página web oficial del Ministerio de Energía de Chile, dado que fue allí donde se utilizó este tipo de transporte.
- En el caso de los autobuses interurbanos, se tomó el dato de la versión de 2015 de la "Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)" que publica la Oficina Catalana del Cambio Climático.
- El factor de conversión para los autobuses municipales de Valladolid ha sido calculado por la Universidad de Valladolid para el cálculo de la huella de Carbono de la Universidad teniendo en cuenta que la empresa

AUVASA tiene un 68.67% de vehículos movidos con gas licuado de petróleo (GLP) y un 31.33% movidos con biodiesel.

- El factor de emisión de los coches depende de la marca y el modelo del coche y del tipo de combustible. Los factores se obtienen de la página web oficial de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), que actualiza la base de datos con esta información cada año. En caso de no encontrarse el modelo de coche correspondiente en la página web, se consultó la edición de enero de 2013, *“Guía de vehículos turismos de venta en España con indicación de consumo y emisiones de CO₂”* para conseguir dicho factor. En el caso concreto del Renault 21 utilizado por uno de los alumnos para acudir a clase, se tuvo que utilizar un dato medio de la página web de la Agencia Europea Medioambiental dado que no se encontraba ese factor en ninguna guía publicada por IDAE.
 - Las emisiones de GEI producidas por los aviones, se calcularon directamente con la calculadora que pone a disposición del público la ICAO (International Civil Aviation Organization) en su página web. Para ese cálculo, la ICAO utiliza los mejores datos disponibles al público y tiene en cuenta factores como el tipo de aeronave, los datos específicos de la ruta, los factores de carga de pasajeros... En dicha calculadora los únicos datos que son necesarios son el aeropuerto de salida y de llegada.
-
- Para el cálculo de las emisiones relacionadas con la construcción de edificios se toma el factor de emisión estimado (según el Informe MIES) para un edificio universitario y que la Universidad de Valladolid ya utilizó para calcular su huella de carbono (de ahí fue de donde se tomó dicho factor). La superficie del la Sede Doctor Mergelina se ha tomado de una publicación en el portal "El día de Valladolid" por no poseer el dato de fuentes oficiales.
 - El consumo de papel por parte de los alumnos se ha tomado de la encuesta realizada por la Universidad de Valladolid para el cálculo de la huella de carbono de la universidad, al igual que el resto de datos necesarios para el cálculo de las emisiones de GEI por el consumo de papel.

Cálculo del año base

Se considera como cálculo de año base el curso 2014 - 2015 por ser el primer curso en el que se calcula la huella de carbono del Máster.

Este año base se mantendrá a lo largo del tiempo, salvo que se produzcan cambios en los límites, cambios en la estructura del máster o en la metodología de cuantificación de los GEIs.

Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de las emisiones de GEI del Máster en Ingeniería Ambiental del curso 2014 - 2015.

Combustión fija. Consumo de Gasóleo C.

Tabla 1. Datos y resultados de las emisiones de GEI producidas por el consumo de gasóleo C en el aula 1.6 de la Sede Doctor Mergelina (elaboración propia).

Gasóleo C				
Recarga en Nov de 2014	15,001	m ³	15001	L
Recarga en Dic de 2015	15	m ³	15000	L
TOTAL			30001	L

Superficie útil Facultad de Ciencias	21191,4	m ²
TOTAL L /m ²	1,42	L/m ²

Factor emisión	2,79	kgCO ₂ /L
Superficie aula 1.6	73,6	m ²
Emisiones CO ₂ equivalente	290,29	kgCO ₂

Consumo de electricidad.

Tabla 2. Datos del consumo real de electricidad proporcionados por la factura de Iberdrola (elaboración propia).

Octubre	9187 kWh 12235 kWh 17775 kWh
Noviembre	25931 kWh 18470 kWh
Diciembre	9743 kWh 17675 kWh 21501 kWh
Enero	9743 kWh 17675 kWh 21501 kWh
Febrero	10627 kWh 14809 kWh 22835 kWh
Marzo	11774 kWh 16111 kWh 24266 kWh
Abril	11557 kWh 15818 kWh 20451 kWh
TOTAL	329684 kWh

Tabla 3. Datos y resultados de las emisiones de GEI producidas por el consumo de electricidad en el aula 1.6 de la Sede Doctor Mergelina (elaboración propia).

Superficie útil Facultad de Ciencias	21191,4 m ²
TOTAL kWh/ m ²	15,56 kWh/m ²
Factor Emisión Iberdrola	0,12 kg CO ₂ / kWh
Superficie aula 1.6	73,6 m ²
Emisiones CO ₂ equivalente	137,40 kg CO ₂

Transporte de los alumnos.

Tabla 4. Datos y resultados de las emisiones de GEI producidas por el transporte diario de los alumnos a la Sede Doctor Mergelina (elaboración propia).

Tipo de transporte para viajes diarios a la facultad	Nº Viajes totales	Distancia (km)	Factor emisión (kg CO ₂ / km)	Pasajeros	kg CO ₂ eq
Autobús interurbano	400	15	0,59621	55	65,04
Coche	120	4	0,121	1	58,08
TOTAL					123,12

Tabla 5. Datos y resultados de las emisiones de GEI producidas por el transporte de los alumnos en relación a las prácticas externas (elaboración propia).

Tipo de transporte para viajes en relación a las prácticas externas	Nº Viajes totales	Distancia (km)	Factor emisión (kg CO ₂ / km)	Pasajeros	kg CO ₂ eq
Autobús urbano	16	4	1,94	20	6,21
Autobús urbano	80	12	1,94	20	93,12
Autobús urbano	112	2	1,94	20	21,73
Autobús urbano	100	7,5	1,94	20	72,75
Autobús urbano	60	13	1,94	20	75,66
Coche	40	7	0,123	1	34,44
Coche	40	7	0,216	1	60,48
Autobús interurbano	2	190	0,59621	55	4,12
Avión	2				338,38
TOTAL					706,89

Tabla 6. Datos y resultados de las emisiones de GEI producidas por el transporte de los alumnos en relación al TFM (elaboración propia).

Tipo de transporte para viajes en relación al TFM	Nº Viajes totales	Distancia (km)	Factor emisión (kg CO ₂ / km)	Pasajeros	kg CO ₂ eq
Autobús interurbano	80	15	0,59621	55	13,01
TOTAL					13,01

Tabla 7. Datos y resultados de las emisiones de GEI producidas por el transporte de los alumnos que no residen en Valladolid durante el resto del año (elaboración propia).

Tipo de transporte para viajes en relación a la ida y vuelta de Valladolid	Nº Viajes totales	Distancia (km)	Factor emisión (kg CO ₂ / km)	Pasajeros	kg CO ₂ eq
Tren	2	102	0,02873	(Ya incluido en el factor de emisión)	5,86
Tren	2	245	0,02873		14,08
Tren	1	190	0,02873		5,46
Tren	1	190	0,02873		5,46
Avión	2				236,23
Avión	2				1747,38
Avión	2				915,87
Avión	2				228,49
Avión	2				1290,38
Avión	1				1368,59
Autobús interurbano	4	190	0,59621	55	8,24
Coche	1	190	0,119	2	11,31
Barco*	2				21,46
TOTAL					5858,80

El resultado total de las emisiones de GEI producidas por el transporte es:

TOTAL EMISIONES DEBIDAS AL TRANSPORTE DE LOS ALUMNO (kg CO₂ eq)	6701,81
---	----------------

Construcción de edificios.

Tabla 8. Datos y resultados de las emisiones de GEI producidas por la construcción del edificio Sede Doctor Mergelina y, en concreto, del aula 1.6.

	Factor de emisión (kg CO ₂ /m ²)	Superficie Construida (m ²)	Vida útil (años)	kg CO ₂ eq / año		Superficie aula 1.6 (m2)	Duración curso (años)	kg CO ₂ eq
Edificio TOTAL	521	33000	30	573100	Aula 1.6 durante el curso 2014-2015	73,6	0,75	958,64

Consumo de papel.

Los resultados obtenidos por la encuesta y tratamiento de datos de la Universidad de Valladolid sobre el consumo de papel revelaron que cada alumno consume una media de:

- 2,49 paquetes de 500 hojas de DIN A4 por curso.
- 0,19 paquetes de 500 hojas de DIN A4 reciclado por curso.
- 0,03 paquetes de 500 hojas de DIN A3 por curso.

Teniendo en cuenta que:

- La densidad del papel es de 80g/m²,
- que 1m² equivales a 16 hojas de DIN A4 y 8 hojas de DIN A3,
- que los factores de emisión de GEI para el consumo de papel son 1,84 mg CO₂/mg papel para el papel no reciclado y 0,61 mg CO₂/mg papel reciclado,
- y que en el Máster de Ingeniería Ambiental durante el curso 2014-2015 había 10 alumnos matriculados,

se obtuvieron los resultados de las emisiones de GEI por el consumo de papel (que se indican en la Tabla 9).

Tabla 9. Resultados de las emisiones de GEI producidas por el consumo de papel por parte de los alumnos.

Papel no reciclado	117,3 mg CO ₂
Papel reciclado	2,90 mg CO ₂

Sumando todas las emisiones producidas por las actividades anteriores obtenemos la Huella de Carbono del máster: **8,09 ton de CO₂ equivalente**.

Interpretación de resultados y discusión.

Muchas son las universidades o facultades que calculan su huella de carbono. Universidades como la Universidad de Valencia, la Universidad San Jorge, la Universidad de Alcalá, la Universidad de Santander o incluso la Universidad de Valladolid ya han publicado los cálculos de sus huellas de carbono (los informes están disponibles en las páginas web oficiales de cada Universidad). Incluso algunas de ellas calculan la huella de carbono de alguna de sus facultades en lugar de la universidad entera. Este es el caso, por ejemplo, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Córdoba.

Comparando todas las emisiones, se puede observar en la Figura 2 que la actividad que más emisiones de CO₂ produce es el transporte de los alumnos. Teniendo en cuenta que el factor de emisión de GEI de los aviones, utilizados para entrar y salir de España al inicio y fin de curso y por parte de una alumna para ir a Wolfenbüttel (Alemania) para realizar allí las prácticas externas, es de los más elevados y que son muchos los kilómetros recorridos en avión (la mayoría de ellos desde Suramérica) no es de extrañar que esta actividad sea la que más impacto tiene sobre la emisión de GEI. En caso de haber obtenido datos de la movilidad del profesorado más detalladas, las emisiones no hubiesen sido tan elevadas (comparando emisiones de profesores con emisiones de alumnos) puesto que ninguno de ellos utilizó el avión por temas relacionados con el máster.

Por lo tanto, dentro de los transportes (Figura 3), la mayor parte de las emisiones de GEI provienen del uso de aviones por parte de los alumnos. Los transportes con mayores emisiones que siguen al avión son los autobuses y los coches. A pesar de que se recorriesen pocos kilómetros en coche, este medio de transporte se sitúa en el tercer puesto del transporte que más emisiones de GEI tiene. Por último le siguen el tren y el viaje en barco. El factor de emisión del barco es muy elevado, sin embargo no se producen grandes emisiones de GEI porque solo fue utilizado en dos ocasiones por una alumna. Aunque no se refleje en los cálculos, la gran mayoría de alumnos han optado por realizar sus viajes relacionados con el máster (acudir a clase o a las prácticas) andando o en bici. Es decir, que solo han utilizado un medio de transporte que emita GEI en caso de mucha necesidad, minimizando así su contribución al cambio climático.

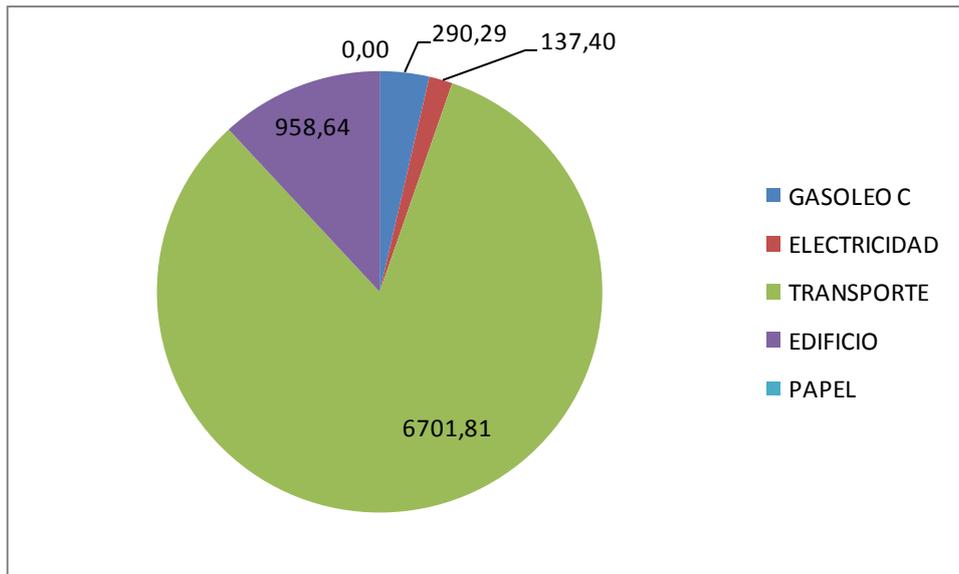


Figura 2. Emisiones de GEI, expresadas en kg de CO₂ eq/máster, según la actividad que las produjo (elaboración propia).

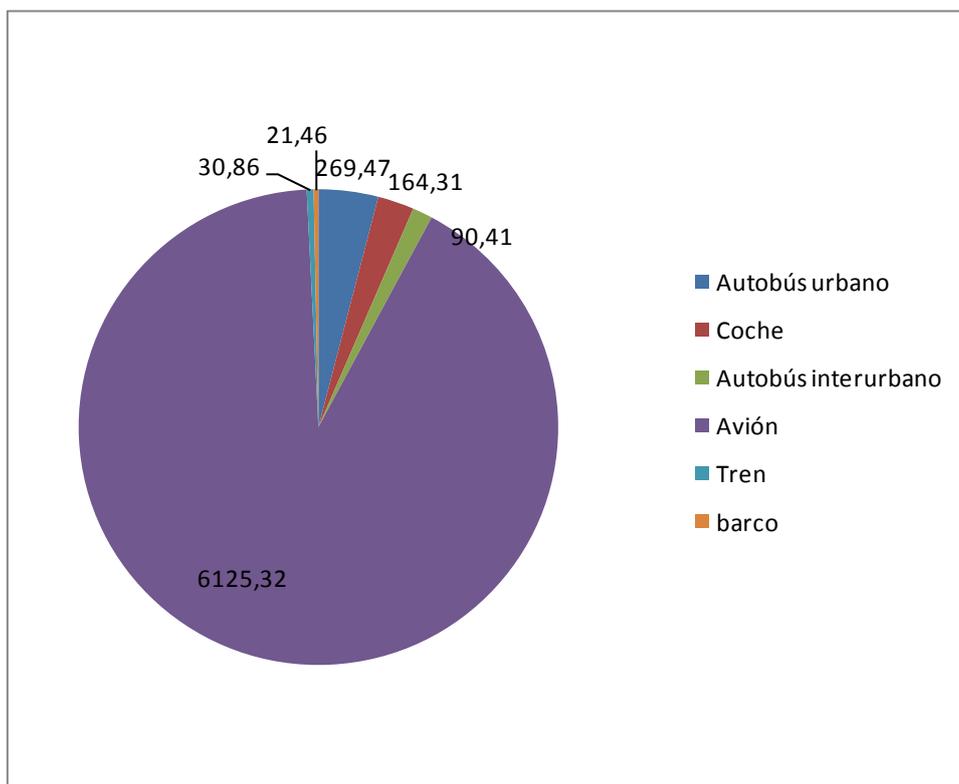


Figura 3. Emisiones de GEI, expresadas en CO₂ eq/máster, según el tipo de transporte utilizado por los alumnos (elaboración propia).

Después del transporte, la actividad que más producción de CO₂ eq tiene es la construcción del edificio (aplicado solamente al aula 1.6, que es donde se tuvo la

mayor parte de las clases del máster). La construcción tiene una gran influencia en el medio ambiente por la explotación de canteras y bosques que esta actividad conlleva, por el consumo elevado de energía, y por los desechos y emisiones durante y al final del ciclo de vida de los productos y obras. Las emisiones de GEI en las construcciones provienen principalmente del uso de energía (Mercader, 2010).

En relación al uso de combustible en la Sede Doctor Mergelina hay que explicar que durante el curso 2014 - 2015 se han estado realizando pruebas en varios edificios de la Universidad de Valladolid para comprobar el estado y funcionamiento de la nueva caldera de biomasa. Dicha caldera de biomasa tenía previsto comenzar a funcionar en enero de 2015, sin embargo, no fue así y en febrero de 2015 la Sede Doctor Mergelina tuvo que realizar otra recarga de gasóleo C. La universidad no pudo proporcionar datos sobre el consumo de la caldera de biomasa por lo que no se ha podido calcular cuántas emisiones de CO₂ eq han sido evitadas.

El consumo de electricidad ha sido de las actividades con menos emisiones de CO₂ eq. Hay que tener en cuenta que el factor de emisión de las comercializadoras de electricidad varía cada año, lo que quiere decir que reducir el consumo de electricidad para el curso siguiente no solo equivale a una reducción de las emisiones de GEI, sino que también influye si el factor de emisión de la compañía suministradora cambia. En este caso, la compañía es Iberdrola Clientes y su factor de emisión lleva reduciéndose tres años consecutivos.

Las emisiones de GEI producidas por el consumo de papel por parte de los alumnos matriculados en el máster son prácticamente nulas en comparación con el resto de actividades. Esto es debido al bajo número de alumnos matriculados en el máster y a que el factor de emisión de GEI es muy bajo comparado con el resto de factores de las otras actividades.

Plan de minimización

El cálculo de la huella de carbono es una buena herramienta para conocer las fuentes de emisiones de CO₂ eq y contabilizar dichas emisiones de una organización, producto o evento. Sin embargo, para que el cálculo tenga sentido, hay que incluir un plan de minimización para intentar reducir las emisiones de GEI y que la huella de carbono se vaya reduciendo.

Se propone a continuación un plan de minimización a aplicar durante el curso 2015 - 2016.

- La Universidad de Valladolid ya ha instalado una caldera de biomasa con la que se pretende reducir las emisiones de CO₂ eq. Según un informe publicado por IDAE en 2007 ("Biomasa. Edificios"), este tipo de instalaciones con biomasa generan un ahorro, derivado del consumo de energía, superior al 10% respecto al uso de combustibles fósiles. También explica que las emisiones evitadas por el uso de estas calderas varía en función del tipo de biomasa (térmica o eléctrica). Se espera, por tanto, una reducción de las emisiones de CO₂ para el curso 2015 - 2016.

- En relación al consumo de energía eléctrica, son muchas las opciones para conseguir una reducción de las emisiones que se generan. Algunas ideas que ofrece IDAE son:
 - Instalación de sistemas de control con temporizadores.
 - Instalación de mecanismos de control de luz natural.
 - Instalación de sistemas de detección de presencia.
 - Limpieza de lámparas de manera habitual en función de la suciedad.
 - Recolocación de las luces en el aula con el fin de mejorar su aplicación.
 - Cambio de superficies que tengan un alto contenido de reflexión.
 - Realizar un control centralizado de la iluminación en todo el edificio.

- No se puede obligar a los alumnos a utilizar cierto tipo de transporte o a dejar de utilizarlo, pero sí que se puede crear conciencia a los alumnos y profesores e instarles a que se formen con algún curso de conducción eficiente para los que conduzcan de manera habitual o proporcionar información sobre qué

medios de transporte producen menos emisiones de GEI. Otra solución, sería el de TIC para evitar el desplazamiento y, con ello, las emisiones de GEI.

- En la actualidad, la Universidad de Valladolid tiene en Valladolid el edificio Lucía, galardonado con muchos premios por su eficiencia energética. Edificios así poseen un factor de emisión mucho menor al resto de edificios de la universidad por lo que impartir las clases (ya no solo del máster) en edificios como éste reducirían enormemente las emisiones de GEI, ya no solo por lo que implica la construcción sino porque las emisiones producidas durante la vida útil de éste son mucho menores también.

Futuros trabajos

Tras el cálculo de una huella de carbono, el siguiente paso sería la verificación por parte de una entidad que conceda estos certificados oficiales, lo que otorgaría mayor credibilidad al cálculo.

Una vez hecho el cálculo de una huella de carbono, se pueden compensar dichas emisiones con proyectos de absorción del CO₂ o colaborando con proyectos que estén destinados a reducir las emisiones producidas por terceros.

Una vez que se calcula la huella de carbono, lo ideal sería seguir calculándola en los años posteriores para comprobar si las emisiones se consiguen reducir con el plan de minimización propuesto en años anteriores o si, por el contrario las emisiones han aumentado y encontrar la causa.

Para el cálculo del año que viene se recomiendan las siguientes actuaciones:

- Incluir las emisiones producidas por el transporte de los profesores que imparten docencia en el máster y que estén relacionados con él.
- Seguir con el cálculo de las emisiones producidas por el consumo de papel dado que el número de alumnos matriculados o los hábitos de consumo de éstos pueden cambiar en años posteriores. Además en caso de que el resto de emisiones se reduzcan, el cálculo puede ir adquiriendo mayor importancia con respecto al cálculo total.
- Tras calcular la huella del próximo curso, compararla con la de años anteriores y comprobar la eficacia de las medidas sugeridas en el plan de minimización que se hayan llevado a cabo.

Otro cálculo que se puede hacer tras obtener la cantidad de CO₂ eq emitido, es el cálculo de la huella ecológica. La huella ecológica es una herramienta que indica la sostenibilidad y responsabilidad ambiental de cualquier entidad (Quesada, 2009). Se define como el área de territorio ecológicamente productivo necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida.

Conclusiones

1. La Huella de Carbono del Máster en Ingeniería Ambiental durante el curso 2014 - 2015 es de 8,09 toneladas de CO₂ equivalente.
2. Las principales fuentes de emisión de GEI son, en este orden, el transporte de los alumnos, la construcción del edificio, el consumo de gasóleo C y el consumo de electricidad.
3. El consumo de papel no produce una gran aportación al cálculo de la huella de carbono.
4. La mayor parte de las emisiones son producidas por el transporte de los alumnos que no residen en Valladolid durante el resto del año cuando llegan a la ciudad y se vuelven a su lugar de residencia habitual.
5. La Universidad de Valladolid ya está trabajando en la reducción de estas emisiones con proyectos como la instalación de la caldera de biomasa o la construcción de edificios como el edificio Lucía.
6. No hay que conformarse con calcular la huella de carbono de una organización, producto o servicio, sino intentar reducirla a lo largo del tiempo.

Bibliografía

Flannery, T. (2006). *The Weathermakers. La Amenaza del Cambio Climático. Historia y futuro.*

Griggs, D. J., & Noguer, M. (2002). IPCC, *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Weather, 57(8), 267-269.*

Hernández, G. E. (2015). *La huella ecológica de la Universidad de Valladolid. Oficina de Calidad Ambiental y Sostenibilidad. Universidad de Valladolid.*

Indermühle, A., Stocker, T. F., Joos, F., Fischer, H., Smith, H. J., Wahlen, M., ... & Stauffer, B. (1999). Holocene carbon-cycle dynamics based on CO₂ trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica. *Nature, 398(6723), 121-126.*

ISO 14050:2009, *Gestión Ambiental. Vocabulario.*

ISO 14031:1999 , *Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Directrices.*

Karl, T. R., & Trenberth, K. E. (2003). Modern global climate change. *Science, 302(5651), 1719-1723.*

Martínez, M. F., & Osnaya, P. (2004). *Cambio climático: una visión desde México. A. F. Bremauntz (Ed.). Instituto Nacional de Ecología.*

Mercader, M. M^ªP. (2010). *Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO₂ producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I.*

Quesada, J. L. D., & y Certificación, A. E. D. N. (2009). *Huella ecológica y desarrollo sostenible. Asociación española de normalización y certificación ed.*

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., ... & Miller, H. L. (2007). IPCC, *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.*

Páginas web consultadas

Agencia Europea Medioambiental <http://www.eea.europa.eu/highlights/all-larger-carmakers-met-co2> [Consultada por última vez: 02/09/2015].

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. <https://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?anio=2014> [Consultada por última vez: 04/09/2015].

Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1993) <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> [Consultada por última vez: 04/09/2015].

El diario de Valladolid <http://www.eldiadevalladolid.com/noticia/Z9EC21226-9328-A5DA-1909D4B08D38F38D/20131111/a> [Consultada por última vez: 29/08/2015].

Inventario de Emisiones de GEI para PyMEs. Ministerio de Energía. Santiago - Chile. <http://huelladecarbono.minenergia.cl/fuentes-moviles> [Consultada por última vez: 01/09/2015].

IDAE <http://coches.idae.es/> [Consultada por última vez: 20/08/2015].

IDAE

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_Edificios_A2007_6862bde5.pdf [Consultada por última vez: 04/09/2015].

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Factores de emisión. http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresdeemision_v3_tcm7-359395.pdf [Consultada por última vez: 01/09/2015].

Oficina Catalana del Cambio Climático. http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/reduex_emissions/guia_de_calcul_d_emissions_de_co2/150301_Guia-practica-calcul-emissions_sense-canvis_CA_v3.pdf [Consultada por última vez: 29/08/2015].

Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> [Consultada por última vez: 04/09/2015].

Anexo I

Se presenta a continuación una tabla con los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) relativos al CO₂ por el horizonte temporal de 100 años de los gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Kyoto. Esta tabla aparece en el Anexo I de la ISO 14067.

Denominación industrial o nombre común	Fórmula química	PCG de 100 años horizonte temporal (a la fecha de publicación)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Oxido nitroso	N ₂ O	298
<i>Sustancias controladas por el Protocolo de Montreal</i>		
CFC-11	CCl ₃ F	4 750
CFC-12	CCl ₂ F ₂	10 900
CFC-13	CClF ₃	14 400
CFC-113	CCl ₂ FCClF ₂	6 130
CFC-114	CClF ₂ CClF ₂	10 000
CFC-115	CClF ₂ CF ₃	7 370
Halon-1301	CBrF ₃	7 140
Halon-1211	CBrClF ₂	1 890
Halon-2402	CBrF ₂ CBrF ₂	1 640
Cloruro de carbono	CCl ₄	1 400
Bromuro de metilo	CH ₃ Br	5
Tricloroetano	CH ₂ CCl ₃	146
HCFC-21	CHCl ₂ F	151
HCFC-22	CHClF ₂	1 810
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	77
HCFC-124	CHClF ₂ CF ₃	609
HCFC-141b	CH ₂ CCl ₂ F	725
HCFC-142b	CH ₂ CClF ₂	2 310

Denominación industrial o nombre común	Fórmula química	PCG de 100 años horizonte temporal (a la fecha de publicación)
HCFC-225ca	$\text{CHCl}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	122
HCFC-225cb	$\text{CHClFCF}_2\text{CClF}_2$	595
<i>Hidrofluorocarbonos</i>		
HFC-23	CHF_3	14 800
HFC-32	CH_2F_2	675
HFC-41	CH_3F	92
HFC-125	CHF_2CF_3	3 500
HFC-134	CHF_2CHF_2	1 100
HFC-134a	CH_2FCF_3	1 430
HFC-143	CH_3FCHF_2	353
HFC-143a	CH_3CF_3	4 470
HFC-152	$\text{CH}_2\text{FCH}_2\text{F}$	53
HFC-152a	CH_3CHF_2	124
HFC-161	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$	12
HFC-227ea	$\text{CF}_3\text{CHFCF}_3$	3 220
HFC-236cb	$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CF}_3$	1 340
HFC-236ea	$\text{CHF}_2\text{CHFCF}_3$	1 370
HFC-236fa	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$	9 810
HFC-245ca	$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CHF}_2$	693
HFC-245fa	$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	1 030
HFC-365mfc	$\text{CH}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	794
HFC-43-10mee	$\text{CF}_3\text{CHFCHFCF}_2\text{CF}_3$	1 640
<i>Compuestos perfluorinados</i>		
Hexafluoruro de azufre	SF_6	22 800
Trifluoruro de nitrógeno	NF_3	17 200
PFC-14	CF_4	7 390
PFC-116	C_2F_6	12 200
PFC-218	C_3F_8	8 830
PFC-318	<i>c</i> - C_4F_8	10 300
PFC-3-1-10	C_4F_{10}	8 860
PFC-4-1-12	C_5F_{12}	9 160
PFC-5-1-14	C_6F_{14}	9 300
PFC-9-1-18	$\text{C}_{10}\text{F}_{18}$	> 7 500
Pentafluoruro de azufre tricloruro de metilo	SF_5CF_3	17 700
Perfluorociclo propano	<i>c</i> - C_3F_6	> 17 340

Denominación industrial o nombre común	Fórmula química	PCG de 100 años horizonte temporal (a la fecha de publicación)
<i>Éteres fluorinados</i>		
HFE-125	CHF ₂ OCF ₃	14 900
HFE-134	CHF ₂ OCHF ₂	6 320
HFE-143a	CH ₃ OCF ₃	756
HCFE-235da2	CHF ₂ OCHClCF ₃	350
HFE-245cb2	CH ₃ OCF ₂ CF ₃	708
HFE-245fa2	CHF ₂ OCH ₂ CF ₃	659
HFE-254cb2	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂	359
HFE-347mcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CF ₃	575
HFE-347pcf2	CHF ₂ CF ₂ OCH ₂ CF ₃	580
HFE-356pcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CHF ₂	110
HFE-449sl (HFE-7100)	C ₆ F ₉ OCH ₃	297
HFE-569sf2 (HFE-7200)	C ₆ F ₉ OC ₂ H ₅	59
HFE-43-10pccc124 (H-Galden1040x)	CHF ₂ OCF ₂ OC ₂ F ₄ OCHF ₂	1 870
HFE-236ca12 (HG-10)	CHF ₂ OCF ₂ OCHF ₂	2 800
HFE-338pcc13 (HG-01)	CHF ₂ OCF ₂ CF ₂ OCHF ₂	1 500
	(CF ₃) ₂ CFOCH ₃	343
	CF ₃ CF ₂ CH ₂ OH	42
HFE-338pcc13 (HG-01)	(CF ₃) ₂ CHOH	195
HFE-227ea	CF ₃ CHFOCF ₃	1 540
HFE-236ea2	CHF ₂ OCHF ₂ CF ₃	989
HFE-236fa	CF ₃ CH ₂ OCF ₃	487
HFE-245fa1	CHF ₂ CH ₂ OCF ₃	286
HFE-263fb2	CF ₃ CH ₂ OCH ₃	11
HFE-329mcc2	CHF ₂ CF ₂ OCF ₂ CF ₃	919
HFE-338mcf2	CF ₃ CH ₂ OCF ₂ CF ₃	552
HFE-347mcf2	CHF ₂ CH ₂ OCF ₂ CF ₃	374
HFE-356mcc3	CH ₃ OCF ₂ CHFCF ₃	101
HFE-356pcf2	CHF ₂ CH ₂ OCF ₂ CHF ₂	265
HFE-356pcf3	CHF ₂ OCH ₂ CF ₂ CHF ₂	502
HFE-365mcf3	CF ₃ CF ₂ CH ₂ OCH ₃	11
HFE-374pc2	CHF ₂ CF ₂ OCH ₂ CH ₃	557
	- (CF ₂) _n CH(OH) -	73
	(CF ₃) ₂ CHOCHF ₂	380
	(CF ₃) ₂ CHOCH ₃	27

Denominación industrial o nombre común	Fórmula química	PCG de 100 años horizonte temporal (a la fecha de publicación)
<i>Perfluorocarbonos de éter</i>		
PFPME	$\text{CF}_2\text{OCF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{OCF}_2\text{OCF}_3$	10 300
<i>Hidrocarbonos y otros compuestos – Efectos directos</i>		
Dimetilo de éter	CH_3OCH_3	1
Cloroformo	CHCl_3	31
Cloruro de metileno	CH_2Cl_2	8,7
Cloruro de metilo	CH_3Cl	13
Dibromuro de metileno	CH_2Br_2	1,54
Halon-1201	CHBrF_2	404
Yoduro de trifluorometilo	CF_3I	0,4

Anexo II

Factores de emisión de los principales combustibles desde 2007 hasta 2014, tomados del documento publicado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en abril de 2015 "Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono". Se toma de esta tabla para el trabajo, el factor de emisión del gasóleo C (2,786 kgCO₂/l).

	Tipo de Combustible	FE ^(A,B)	PCI ^(A,B)	Densidad ⁽¹⁾	Descuentos Biocarburantes			FACTORES DE EMISIÓN PARA CADA AÑO				
					2011 ⁽²⁾	2012 ⁽³⁾	2013 ⁽⁴⁾	2007-2010	2011	2012	2013-2014	Unidades
Vehículos ^A	Gasolina	69 t CO ₂ /TJ	44,3 Tj/Gg	747,5 kg /m ³	3,90%	4,10%	3,90%	2,285	2,196	2,191	2,196	kgCO ₂ /l
	Gasóleo A	73 t CO ₂ /TJ	42,4 Tj/Gg	832,5 kg /m ³	6,00%	7,00%	4,10%	2,577	2,422	2,396	2,471	kgCO ₂ /l
	E10 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	2,056	1,976	1,972	1,976	kgCO ₂ /l
	E85 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	0,343	0,329	0,329	0,329	kgCO ₂ /l
	B30 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	1,804	1,696	1,677	1,730	kgCO ₂ /l
	B100 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	kgCO ₂ /l
	GNL	-	-	-	-	-	-	2,720	2,720	2,720	2,720	kgCO ₂ /kg
	GNC	-	-	-	-	-	-	2,720	2,720	2,720	2,720	kgCO ₂ /kg
	GLP	65 t CO ₂ /TJ	45,5 GJ/t	0,56 Kg/l	-	-	-	1,656	1,656	1,656	1,656	kgCO ₂ /l
Equipos de combustión fija ^B	Gas natural ⁽⁶⁾	56 t CO ₂ /TJ	38,53 GJ/ 10 ³ Nm	-	-	-	-	0,202	0,202	0,202	0,202	kgCO ₂ /kWh
	Gasóleo C	73 t CO ₂ /TJ	42,4 GJ/t	900 kg /m ³	-	-	-	2,786	2,786	2,786	2,786	kgCO ₂ /l
	Gas butano	66,2 t CO ₂ /TJ	44,78 GJ/t	-	-	-	-	2,964	2,964	2,964	2,964	kgCO ₂ /kg
	Gas propano	63,6 t CO ₂ /TJ	46,2 GJ/t	-	-	-	-	2,938	2,938	2,938	2,938	kgCO ₂ /kg
	Fueloleo	76 t CO ₂ /TJ	40,18 GJ/t	-	-	-	-	3,054	3,054	3,054	3,054	kgCO ₂ /kg
	GLP genérico	65 t CO ₂ /TJ	45,5 GJ/t	0,56 Kg/l	-	-	-	1,656	1,656	1,656	1,656	kgCO ₂ /l
	Carbón nacional	-	-	-	-	-	-	2,300	2,300	2,300	2,300	kgCO ₂ /kg
	Carbón de importación	-	-	-	-	-	-	2,530	2,530	2,530	2,530	kgCO ₂ /kg
Coque de petróleo	98,3 t CO ₂ /TJ	32,5 GJ/t	-	-	-	-	3,195	3,195	3,195	3,195	kgCO ₂ /kg	

Anexo III

Factores de emisión de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), disponibles en la página web de la CNMC. Se toma de esta tabla para el trabajo, el factor de emisión de la compañía Iberdrola Clientes S.A.U. (0,12 kgCO₂/kWh).

ORIGEN	GOIZNER S.COOP	VERTSEL ENERGIA,	THE YELLOW ENERGY,	AVANZALIA ENERGIA		IBERDROLA CLIENTES
	S.L.U.	S.L.	S.L.	COMERCIALIZADORA S.A.	S.A.U.	
<i>Renovables (Puras + Híbridas)</i>	100,0%	95,4%	100,0%	100,0%	100,0%	71,8%
<i>Cogeneración de Alta Eficiencia</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%
<i>Cogeneración</i>	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	3,6%
<i>Ciclos Combinados gas natural</i>	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	4,5%
<i>Carbón</i>	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	6,9%
<i>Fuel/Gas</i>	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%
<i>Nuclear</i>	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	8,8%
<i>Otras</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%
<hr/>						
Emisiones de CO2 (Kg /kWh)	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,12
	A	A	A	A	A	B
Residuos Radiactivos Alta Actividad (mg/kWh)	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,22
	A	A	A	A	A	B

Anexo IV

Encuesta de movilidad realizada a los alumnos. Estas preguntas se completaron en los días posteriores con preguntas hechas de manera oral para completar la información proporcionada.

ENCUESTA ESCRITA.

- 1. ¿Qué medio de transporte utiliza más habitualmente para desplazarse a la Facultad de Ciencias, Sede Doctor Mergelina? En caso de ir a la facultad en vehículo, ¿es compartido o solo? ¿Qué distancia recorre para ir hasta la Sede Doctor Mergelina? ¿Cuántos viajes ha realizado a la Facultad relacionados con el máster?**
- 2. Una vez en la Facultad, ¿realiza algún otro viaje por algún asunto que esté relacionado con el Máster? En caso afirmativo, indique qué transporte ha utilizado, qué distancia a recorrido y el número de viajes realizados.**
- 3. En caso de no residir en Valladolid capital, ¿Qué medio de transporte ha utilizado para venir hasta Valladolid? En caso de que no continúe en Valladolid el próximo curso, ¿Qué medio de transporte utilizará para volver? ¿Cuánta distancia recorre?**
- 4. Con relación a las prácticas de empresa, ¿qué tipo de transporte ha utilizado para acudir a las prácticas? ¿Qué distancia ha recorrido? ¿Cuántos viajes ha realizado?**
- 5. Con relación al TFM, en caso de que haya tenido que acudir a la facultad para su realización o para realizar alguna consulta o por cualquier otra circunstancia, ¿qué medio de transporte ha utilizado? ¿Qué distancia ha recorrido? ¿Cuántos viajes ha realizado?**

ENCUESTA ORAL.

A los alumnos que utilizaron el coche en alguno de sus trayectos se les preguntó la marca y el modelo del coche, información necesaria para poder obtener el factor de emisión de la base de datos de IDAE.

Además, a los alumnos que usaron el avión para sus desplazamientos se les pidió el nombre del aeropuerto de salida y de llegada, dado que la calculadora de ICAO es la información que necesita para realizar el cálculo de manera directa.