

Máster en Ingeniería Ambiental y de Procesos Sostenibles

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la Ecoeficiencia

Autora: Arantzazu Hermosilla Alcaraz

Director: Francisco Javier Bayo Bernal

Codirector: Pedro Martínez Baños

Curso 2013-2014

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. ESTADO DEL ARTE.....	5
3.1. El Cambio Climático y la Huella de Carbono	5
3.1.1. Metodologías para el Cálculo de la Huella de Carbono	7
3.1.1.1. Huella de Carbono de Producto	9
3.1.1.2. Huella de Carbono de Organizaciones	11
3.1.1.3. Huella de Carbono Corporativa Mixta.....	18
3.1.2. Certificaciones de Carbono en España	19
3.2. Huella de Carbono en Otras Universidades Españolas	20
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA	25
4.1. Definición de los Límites	26
4.1.1. Límite Temporal.....	26
4.1.2. Límites Organizacionales	26
4.1.3. Límites Operacionales	26
4.1.3.1. Emisión directa de Gases de Efecto Invernadero.....	27
4.1.3.2. Emisión indirecta de Gases de Efecto Invernadero asociadas a la electricidad	27
4.1.3.3. Otras emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero ...	27
4.1.3.4. Exclusiones.....	28
4.2. Identificación de las Fuentes de Emisión de los Gases de Efecto Invernadero	28
4.3. Cálculo de Emisiones.....	28
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
5.1. Huella de Carbono en la UPCT	41
5.1.1. Alcance 1: Emisiones Directas de GEI.....	41
5.1.2. Alcance 2: Emisiones Indirectas de GEI Asociadas a la Electricidad	42
5.1.3. Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas.....	42

5.1.4.	Estimación de la Huella de Carbono de la UPCT	45
5.1.4.1.	Emisiones per cápita comunidad universitaria.....	49
5.2.	Hospital de Marina vs. Alfonso XIII.....	49
5.3.	Comparación de la Huella de Carbono entre Universidades Españolas	51
5.4.	Medidas Correctoras para Reducir la Huella de Carbono de la UPCT	53
5.4.1.	Reducción de las Emisiones Asociadas al Consumo de Electricidad	53
5.4.2.	Reducción de las Emisiones Asociadas a la Movilidad	54
5.5.	Medidas Compensatorias para Reducir la Huella de Carbono de la UPCT	55
6.	CONCLUSIONES.....	57
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
	ANEXO I: Encuesta de Movilidad.....	65
	ANEXO II: Fuente de los Factores de Emisión.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Instalaciones de la UPCT implicadas en el cálculo de la Huella de Carbono.....	26
Tabla 4.2: Fuentes de emisión de GEI.	28
Tabla 4.3: Determinación de los datos de actividad.	29
Tabla 4.4: Factores de emisión utilizados.....	30
Tabla 4.5: Emisiones derivadas del consumo de gas natural.	30
Tabla 4.6: Factores de emisión de HFC.	31
Tabla 4.7: Emisiones derivadas de los HFC.	32
Tabla 4.8: Emisiones derivadas del desplazamiento de los vehículos propios de la UPCT.....	33
Tabla 4.9: Emisiones derivadas del consumo de electricidad.	34
Tabla 4.10: Distribución según el medio de transporte en el que se acude a la UPCT.....	35
Tabla 4.11: Emisiones de dióxido de carbono asociadas al número de ocupantes del vehículo.....	35
Tabla 4.12: Emisiones derivadas de la movilidad.....	36
Tabla 4.13: Toneladas de papel consumidas en los distintos departamentos de la UPCT.....	37
Tabla 4.14: Emisiones derivadas del consumo de papel.	38
Tabla 4.15: Emisiones derivadas del consumo de agua.....	38
Tabla 4.16: Emisiones derivadas de la generación de residuos peligrosos.....	39
Tabla 5.1: Emisiones de CO ₂ eq. asociadas al Alcance 1.....	46
Tabla 5.2: Emisiones de CO ₂ eq. asociadas al Alcance 2.....	46
Tabla 5.3: Emisiones de CO ₂ eq. asociadas al Alcance 3.....	47
Tabla 5.4: Huella de Carbono de la UPCT.	48
Tabla 5.5: Comparativa de las emisiones de CO ₂ eq. entre Hospital de Marina y Alfonso XIII.	50

Tabla 5.6: Comparación de la Huella de Carbono entre universidades.....	51
Tabla 5.7: Comparación de la Huella de Carbono per cápita entre universidades.....	52
Tabla 5.8: Huella de Carbono de la Universidad de San Jorge.....	53

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 3.1: Incremento de la temperatura media terrestre. [Fuente: 5º Informe del IPCC. La Certeza de una Herencia, el Calentamiento Global].	5
Figura 3.2: Inventario 1990-2009 y proyección de emisiones de GEI horizonte 2020 (Kt CO ₂ eq.) (Excluyendo mecanismos de flexibilidad y absorción por sumideros). [Fuente: Perfil Ambiental de España, 2010].	6
Figura 3.3: Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor. [Fuente: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte.]	7
Figura 3.4: Pasos seguidos para declarar las emisiones de CO ₂ por la norma PAS 2060:2010.	12
Figura 4.1: Temporalización general del cálculo de la Huella de Carbono.	25
Figura 5.1: Toneladas de CO ₂ derivadas del consumo de gas natural.	41
Figura 5.2: Toneladas de CO ₂ derivadas del consumo de electricidad.	42
Figura 5.3: Toneladas de CO ₂ derivadas del transporte público y del privado.	43
Figura 5.4: Toneladas de CO ₂ derivadas del consumo de agua.	44
Figura 5.5: Distribución porcentual por tipo de residuo de las emisiones de CO ₂ derivadas de la generación de residuos peligrosos.	45
Figura 5.6: Distribución por actividades de las emisiones correspondientes al Alcance 1.	46
Figura 5.7: Distribución por actividades de las emisiones correspondientes al Alcance 3.	47
Figura 5.8: Distribución de las emisiones correspondientes al Alcance 1, 2 y 3.	48
Figura 5.9: Toneladas de CO ₂ eq. por fuente.	49
Figura 5.10: Distribución de las emisiones de CO ₂ eq. de Hospital de Marina (A) y Alfonso XIII (B).	50

1. INTRODUCCIÓN

La situación ambiental actual es una de las principales responsables de la búsqueda de nuevas tecnologías más eficientes, de la adopción de medidas para reducir el consumo de recursos y del desarrollo de herramientas para estudiar el impacto medioambiental que provoca la actividad humana, entre otras muchas acciones.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC, 1994), en su Artículo 1, define *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”. Y por *fuerza* entiende “cualquier proceso o actividad que libera un gas de invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de invernadero en la atmósfera”.

El Protocolo de Kioto establece seis gases como los principales precursores del efecto invernadero antrópico: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorocarbono (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). El aumento de la concentración de los citados gases en la atmósfera agrava el fenómeno del efecto invernadero.

Una de las principales amenazas sociales, económicas y ambientales actuales es el calentamiento global, es por ello que se han desarrollado herramientas para el cálculo de las emisiones antrópicas de Gases Efecto Invernadero (GEI). Una de esas herramientas es la llamada Huella de Carbono (HC), la cual mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. Puede ser enfocada de diversas formas: para un producto, para una entidad o para organización-producto (mixta). Una de las principales ventajas de esta última es que se ajusta a las instalaciones de la organización que voluntariamente ha decidido ser sometida a cálculo.

La HC surge del concepto de Huella Ecológica, según Wackernagel & Rees (1996) esta última representa los flujos de energía y materia desde y hacia cualquier economía definida y los traduce en el área de tierra o agua correspondiente requerida de la naturaleza para soportar esos flujos.

Este tipo de herramientas o medidas son la base para tomar acciones de mejora específicas con las que se intenta paliar el impacto ambiental que provocan las actividades humanas, además también mejoran la imagen de la empresa o entidad que decide “medir la repercusión ambiental” que tiene en su totalidad el conjunto de sus actividades o uno de sus productos o servicios, puesto que aporta valor añadido a la misma promoviendo la responsabilidad social corporativa.

Con el presente Trabajo Fin de Máster, siguiendo dicha línea, se pretende calcular el impacto ambiental derivado de las actividades propias de una organización, la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), por medio del cálculo de su Huella de Carbono.

La UPCT cuenta con las siguientes Escuelas y Facultades:

- ETS de Ingeniería Agronómica.
- ETS de Ingeniería Industrial.
- ETS de Ingeniería Naval y Oceánica.
- ETS de Ingeniería de Telecomunicación.
- Facultad de Ciencias de la Empresa.
- Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas.
- Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación.
- Centro Universitario de la Defensa. Academia General del Aire (Centro Público Adscrito).
- Escuela Univ. de Turismo (Centro Privado Adscrito).

2. OBJETIVOS

El presente Trabajo Fin de Máster se plantea como objetivo global el estudio de la problemática ambiental en la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), a través de la herramienta de gestión ambiental conocida como Huella de Carbono, con el deseo de que sirva como referencia para estudios y campañas posteriores de sensibilización ambiental de nuestra comunidad universitaria.

Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- I. Dar a conocer las distintas herramientas que existen para el cálculo de la Huella de Carbono aceptadas internacionalmente.
- II. Identificar las actividades desarrolladas en la UPCT que ejercen algún tipo de impacto sobre el medio ambiente.
- III. Clasificar dichas actividades dependiendo de su alcance y cuantificar las emisiones asociadas a cada una de ellas.
- IV. Proponer una metodología propia de cálculo de la Huella de Carbono, que se pueda usar ampliamente en el sector universitario y que incluya las emisiones de alcance 1, 2 y 3.
- V. Comparar las emisiones de GEI asociadas a determinadas actividades de la UPCT y la Huella de Carbono per cápita con la de otras universidades españolas.
- VI. Buscar soluciones para paliar el impacto ambiental producido por la UPCT y las actividades ligadas a ella.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. El Cambio Climático y la Huella de Carbono

El calentamiento global hace referencia al efecto invernadero, la luz solar llega a la superficie terrestre emitiendo rayos infrarrojos (ondas caloríficas) y los Gases de Efecto Invernadero absorben los fotones infrarrojos, aumentando así su energía de rotación y vibración, este exceso de energía es transferido a otras moléculas en forma de energía cinética, es decir, de calor. Y, como consecuencia de todo ello, la temperatura media terrestre ha sufrido un incremento paulatino.

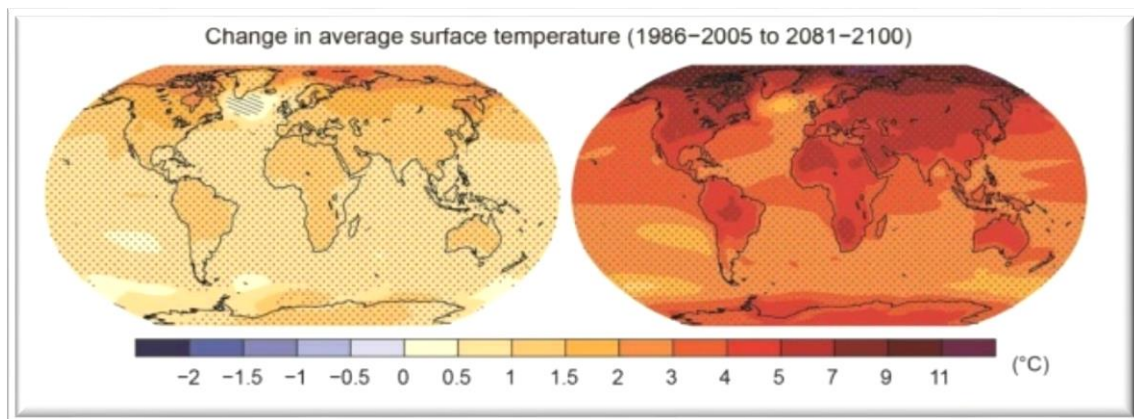


Figura 3.1: Incremento de la temperatura media terrestre. [Fuente: 5° Informe del IPCC. La Certeza de una Herencia, el Calentamiento Global].

Los Gases de Efecto Invernadero se pueden encontrar en la naturaleza de forma natural, pero como consecuencia de la actividad humana su concentración ha ido aumentando además de que han surgido otros gases artificiales producto de la industria. Todos ellos contribuyen al efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y por la cantidad de moléculas del gas presentes en la industria. En la figura 3.2 se puede observar el inventario y la proyección de las emisiones de GEI en el periodo 1990-2020.

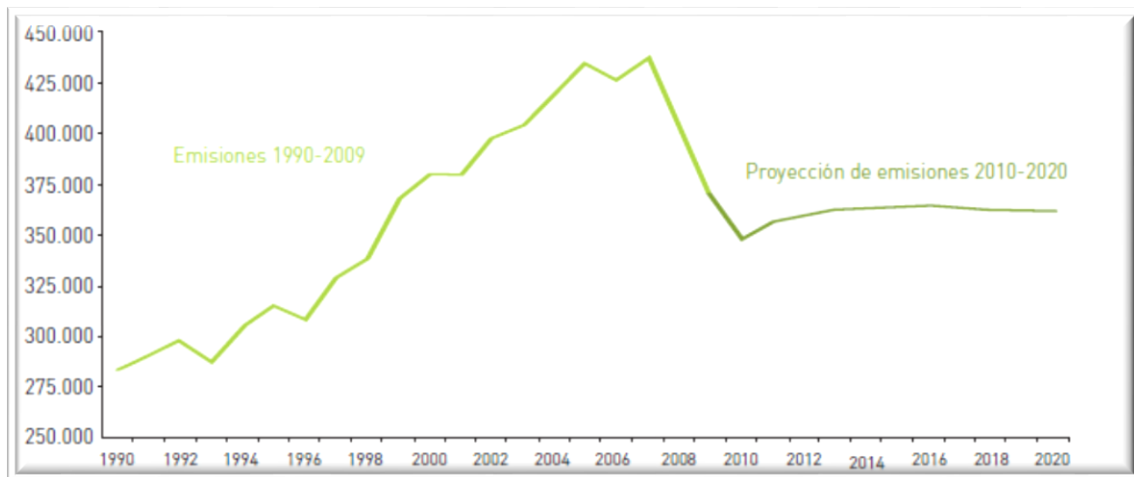


Figura 3.2: Inventario 1990-2009 y proyección de emisiones de GEI horizonte 2020 (Kt CO₂ eq.) (Excluyendo mecanismos de flexibilidad y absorción por sumideros). [Fuente: Perfil Ambiental de España, 2010].

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se desarrolló el Protocolo de Kioto, cuyo objetivo es reducir las emisiones de los seis GEI: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Su tiempo de vida agrava la problemática, el tiempo de vida medio del dióxido de carbono y del óxido nitroso ronda los cien años, mientras que el de los fluorcarbonados es muy superior.

Tras el Protocolo de Kioto, diversos organismos privados y públicos comenzaron a medir las emisiones de los gases anteriormente citados.

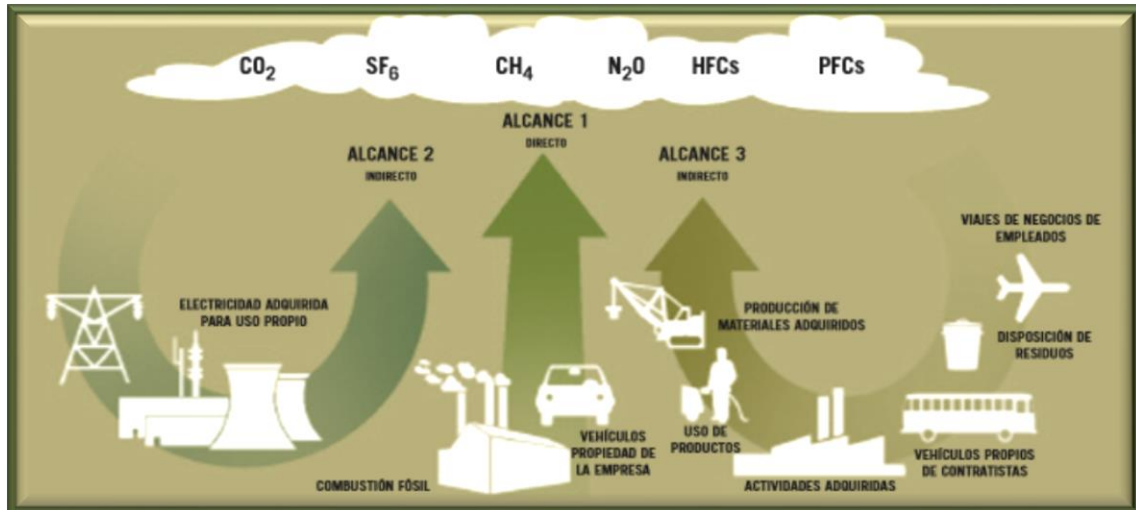


Figura 3.3: Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.
 [Fuente: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte.]

La *Huella de Carbono* se define como la cantidad total de GEI causados directa o indirectamente por una organización, un producto o un servicio. (UNE-ISO 14064-1:2006).

Es cuestión de tiempo que el cálculo de la Huella de Carbono sea de carácter obligatorio en ciertos mercados. Este es el caso de Francia, que a través de la Ley Grenelle 2 (Ley 2010-788) establece los instrumentos para que bienes y servicios incluyan su Huella de Carbono, o el caso de ciertos supermercados en Reino Unido, que incluyen la Huella de Carbono de sus productos.

3.1.1. Metodologías para el Cálculo de la Huella de Carbono

Para la normalización de la Huella de Carbono (HC), a la hora de su medición, cálculo o seguimiento, se han creado diferentes metodologías con el fin de poder extrapolar los datos obtenidos y también, entre otras muchas razones, para dar credibilidad a las declaraciones de eliminación o reducción de los GEI.

Dependiendo del objeto de estudio o del alcance se podría dar tres enfoques:

- ✓ Huella de Carbono de Corporaciones.
- ✓ Huella de Carbono de Productos.

- ✓ Huella de Carbono Mixta.

En la tabla 3.1 se muestran las metodologías más representativas elegidas voluntariamente por empresas y organizaciones, tanto desde el punto de vista de organización como de producto.

Tabla 3.1: Metodologías más aplicadas en Europa y en el mundo para el cálculo de la Huella de Carbono. [Fuente: Enfoques Metodológicos para el Cálculo de la Huella de Carbono.]

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 and 3)	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 Sector Standard	Aplicación voluntaria y de ámbito USA y al sector público	Organización
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

Aunque también existen enfoques a nivel de proyecto o de actividades. A continuación, se describen algunas herramientas para su normalización dependiendo del enfoque.

3.1.1.1. Huella de Carbono de Producto

- ISO 14067

Publicada en mayo de 2013, esta norma internacional pretende actuar como esquema único de medición y cálculo. Especifica los principios, requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de un producto y/o servicio de una organización.

La especificación, que se basa en otras normas ISO y también en PAS 2050, tiene como novedad la inclusión de los principios, requisitos y directrices para la cuantificación y la comunicación de la Huella de Carbono de productos.

Principios:

- Perspectiva del ciclo de vida.
- Enfoque relativo y unidad funcional.
- Enfoque iterativo.
- Enfoque científico.
- Relevancia.
- Integridad.
- Consistencia.
- Coherencia.
- Precisión.
- Transparencia.
- Evitar la doble contabilidad.
- Participación.
- Equidad.

Sus principales características son:

- Incluye los requisitos para la determinación del alcance y los límites para la evaluación de las emisiones GEI en el ciclo de vida del producto.
- Origen metodológico basado en la PAS 2050.
- Basado en normas de etiquetado y declaración ambiental como ISO 14020, ISO 14024 e ISO 14025 para la comunicación.

- Basada en normas de evaluación de ciclo de vida como ISO 14040 e ISO 14044.
- Incluye la evaluación de la Huella de Carbono del producto sobre sistemas de producto, que abarca bienes y servicios.

▪ PAS 2050

Es una especificación disponible públicamente que proporciona un método claro y consistente para medir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero derivadas del ciclo de vida de los productos y/o servicios de todo tipo de organizaciones.

Fue desarrollada en 2008 por British Standards International (BSI) y fue actualizada en 2011. Proporciona un modelo de gestión que incluye la evaluación interna de las emisiones asociadas al ciclo de vida de los bienes y servicios de la organización, la evaluación de las emisiones de otros productos y procesos alternativos, un marco comparativo de emisiones de varios productos utilizando los mismos parámetros, una base de referencia para desarrollar programas destinados a reducir las emisiones, así como informes específicos sobre responsabilidad corporativa.

Pasos metodológicos:

- Paso 1: Elaboración del mapa de procesos.
- Paso 2: Definición final del sistema.
- Paso 3: Recopilación adicional de datos.
- Paso 4: Cálculo final de la Huella de Carbono.

La norma distingue dos tipos de ciclos de vida o enfoques:

- Business to Customer, tiene en cuenta las actividades posteriores a la entrega del producto al cliente o usuario.
- Business to Business, entiende que el ciclo de vida del producto finaliza con su entrega a otra organización.

- PAS 2060

La norma PAS 2060:2010 es un estándar publicado por British Standards Institution que permite a las organizaciones asegurar que sus declaraciones sobre neutralización de las emisiones de CO₂ son correctas y no se realizan fraudes por parte de las organizaciones.

PAS 2060 se aplica a todas las entidades que puedan demostrar que no producen un aumento neto en la emisión de Gases de Efecto Invernadero como consecuencia del desarrollo de ciertas actividades.

La especificación define un conjunto de medidas y requisitos para las entidades para demostrar la neutralidad del carbono para un producto, servicio, organización, comunidad, evento o edificio. La norma requiere que se sigan una serie de pasos, especificados en la figura 3.4.

3.1.1.2. Huella de Carbono de Organizaciones

- ISO 14064

Se trata de una norma internacional por la que se verifican voluntariamente los informes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Está compuesta de tres partes:

Parte 1: establece los principios y requisitos de la organización para el diseño, desarrollo, gestión y notificación de los niveles de inventario de GEI. Detallando los requisitos para la determinación de los límites, cuantificación de las emisiones y de la absorción, e identificación de acciones o actividades específicas de la organización encaminadas a mejorar su gestión de GEI. Esta parte también incluye los requisitos y directrices sobre gestión de la calidad del inventario de GEI, presentación de informes, auditorías internas y responsabilidad de la organización en la verificación.

Parte 2: está enfocada a proyectos de GEI o a proyectos específicamente diseñados para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero o incrementar las absorciones de GEI. Especifica los principios y los requisitos

para la determinación de los escenarios de referencia del proyecto y para vigilar, cuantificar e informar sobre los resultados del proyecto y proporciona las bases para que los proyectos de GEI sean validados y verificados.

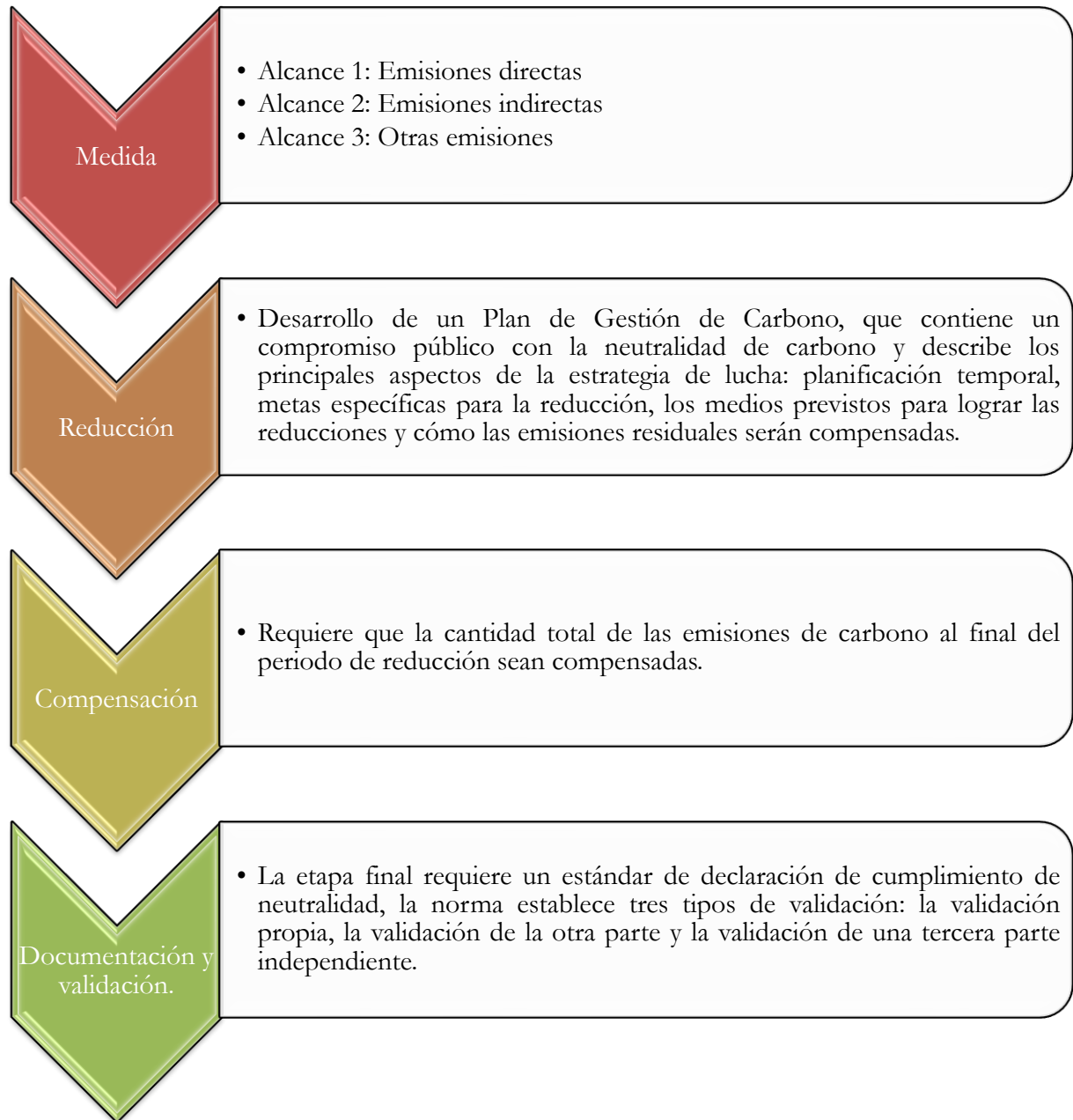


Figura 3.4: Pasos seguidos para declarar las emisiones de CO₂ por la norma PAS 2060:2010

Parte 3: establece los principios, requisitos y guías para los que deseen realizar la validación y verificación de la información de GEI. En esta parte se describe un proceso para proporcionar seguridad a los potenciales usuarios de una organización o de un proyecto de GEI, de que las afirmaciones son completas, exactas, coherentes, transparentes y sin discrepancias materiales.

Y se rige por cinco principios:

Pertinencia: el principio de pertinencia implica que la información debe ser relevante y de interés para el público objetivo, incluyendo usuarios internos y usuarios externos. Este principio está directamente relacionado con la definición del alcance, que debe reflejar la realidad económica y forma de operación de la organización y no sólo su forma legal.

Cobertura total: el principio de cobertura total conlleva hacer la contabilidad y el reporte de manera íntegra, abarcando todas las fuentes de emisión de GEI y todas las actividades incluidas en el límite del inventario. Cualquier exclusión debe ser debidamente justificada.

Coherencia: el principio de coherencia busca que los resultados del inventario sean comparables a lo largo del tiempo, entre ellos y con el año base. Para dar cumplimiento a este principio será necesario documentar de manera clara cualquier modificación en los datos, alcance, metodología de cálculo u otro factor que sea relevante en la serie temporal.

Exactitud: el objeto del principio de exactitud es garantizar la calidad de la información, de forma que tenga una precisión suficiente que permita tomar decisiones con una confianza razonable con respecto a la integridad de la información recogida. De igual forma, el principio requiere una evaluación de la incertidumbre para analizar cómo afecta a los resultados.

Transparencia: el principio de transparencia está relacionado con la comunicación de la información. De acuerdo a este principio se debe lograr que la información sea clara, neutral y comprensible, basada en documentación sólida y basada en datos auditables. Para ello, en cada caso se hará mención explícita de referencias, fuentes y metodologías utilizadas.

▪ GHG Protocol.

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) tiene una metodología extensa y complicada, aunque pone a disposición de aquellos usuarios interesados guías y hojas electrónicas de trabajo para ayudarlos a calcular las emisiones de GEI para fuentes o industrias específicas.

Los principios definidos por el GhG Protocol son:

Relevancia: asegura que el inventario de GEI refleje de manera apropiada las emisiones de una empresa y que sea un elemento objetivo en la toma de decisiones tanto de usuarios internos como externos a la empresa.

Para que un reporte de emisiones de GEI sea relevante a una organización, éste debe contener información necesaria, tanto para usuarios internos como externos, para la toma de decisiones. Un aspecto muy importante es la selección de límites de inventario adecuados que reflejen la esencia y la realidad económica de la empresa, y no solamente su forma legal. La selección del límite del inventario depende de las características de la empresa, del propósito con que será utilizada la información y de las necesidades de los usuarios. Al elegir los límites del inventario es preciso tomar en consideración un conjunto de factores, tales como:

- Estructuras organizacionales: control (operacional y financiero), propiedad, estructura legal, alianzas, etc.
- Límites operacionales: actividades al interior de las instalaciones propias o llevadas a cabo en el exterior, procesos, servicios e impactos.
- Contexto de la empresa: naturaleza de sus actividades, localización geográfica, sector industrial, propósitos para los que será utilizada la información y usuarios de la información.

Integridad: conlleva a hacer la contabilidad y el reporte de manera íntegra, abarcando todas las fuentes de emisión de GEI y las actividades incluidas en

el límite del inventario. Se debe reportar y justificar cualquier excepción a este principio general.

Todas las fuentes de emisión relevantes dentro de un límite de inventario definido requieren ser contabilizadas, con el fin de compilar un inventario inclusivo, significativo e integral. En la práctica, la falta de información o el costo de recopilarla puede ser un factor limitante. Incluso puede existir la tentación de definir un umbral de emisiones mínimo (frecuentemente conocido como umbral de materialidad) estableciendo que si la fuente de emisiones no excede cierta magnitud, ésta podrá ser omitida en el inventario. Técnicamente, tal umbral es simplemente un sesgo predeterminado y aceptado que subestima las emisiones. Si bien en teoría puede parecer útil, la instrumentación práctica de un umbral de ese tipo no es compatible con el principio de integridad del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (ECCR). Con el fin de utilizar una especificación de materialidad, las emisiones atribuibles a una fuente o actividad particular deberán ser cuantificadas para asegurar que, efectivamente, se ubiquen bajo el umbral. Sin embargo, una vez que las emisiones han sido cuantificadas, se pierde el beneficio práctico de utilizar un umbral. El umbral se utiliza frecuentemente para determinar si algún error u omisión constituye o no una discrepancia material. Esto no es equivalente a un mínimo aceptable para definir un inventario completo. Por el contrario, se exige a las empresas hacer su mejor esfuerzo con buena fe para generar una contabilidad íntegra, precisa y consistente de sus emisiones de GEI. En los casos en que las emisiones no sean estimadas, o se estimen con un insuficiente nivel de calidad, es muy importante que esto se documente y justifique de manera transparente. Los verificadores podrán determinar el impacto potencial y la relevancia de estas omisiones o la falta de calidad en el reporte general del inventario.

Consistencia: utiliza metodologías consistentes que permitan comparaciones significativas de las emisiones a lo largo del tiempo. Documenta de manera transparente cualquier cambio en los datos, en el límite del inventario, en los

métodos de cálculo o en cualquier otro factor relevante en una serie de tiempo.

Los usuarios de la información sobre GEI normalmente estarán interesados en dar seguimiento y comparar datos a lo largo del tiempo, con el fin de identificar tendencias y evaluar el desempeño de la empresa que reporta. La aplicación consistente del enfoque de contabilidad, el límite del inventario y las metodologías de cálculo es esencial para producir información de emisiones de GEI comparable a lo largo del tiempo. La información de todas las operaciones incluidas dentro del límite del inventario requiere ser compilada de tal manera que se asegure su consistencia interna y su comparabilidad. Si llegan a existir cambios en el límite del inventario, los métodos, los datos u otros factores que afecten las estimaciones, éstos deberán ser documentados y justificados de manera transparente.

Transparencia: atiende todas las cuestiones significativas o relevantes de manera objetiva y coherente, basada en un seguimiento de auditoría transparente. Revela todos los supuestos de importancia y hace referencias apropiadas a las metodologías de contabilidad y cálculo, al igual que a las fuentes de información utilizadas.

La transparencia se refiere al grado en que la información relacionada a los procesos, procedimientos, suposiciones y limitaciones de los inventarios de GEI es presentada y publicada de manera clara, efectiva, neutral y comprensible, y basada en documentación sólida, transparente y auditable. La información debe ser registrada, compilada y analizada de manera que otorgue credibilidad a los ojos de los supervisores internos y los verificadores externos. Exclusiones o inclusiones específicas deben ser identificadas claramente y justificadas, y los supuestos explicitados; también es preciso ofrecer referencias acerca de las metodologías aplicadas y las fuentes de datos utilizadas. La información debe ser suficiente para permitir que terceras partes puedan llegar a los mismos resultados si se les proporcionan las mismas fuentes de datos. Un reporte transparente proveerá un

entendimiento claro de los temas más significativos del desempeño de la empresa que reporta. Una verificación externa e independiente siempre será una buena manera de asegurar la transparencia, a través de procedimientos y documentación auditables.

Precisión: asegura que la cuantificación de las emisiones de GEI no observe errores sistemáticos o desviaciones con respecto a las emisiones reales, hasta donde pueda ser evaluado, y de tal manera que la incertidumbre sea reducida en lo posible. Es necesario adquirir una precisión suficiente que permita a los usuarios tomar decisiones con una confianza razonable con respecto a la integridad de la información reportada.

Los datos deben ser lo suficientemente precisos para permitir a los usuarios tomar decisiones con la certeza de que la información reportada es creíble. La medición de GEI y las estimaciones o cálculos nunca deben presentar errores sistemáticos sobre o por debajo del valor real de las emisiones; esto en la medida de lo posible o de lo técnicamente práctico. Está claro que la incertidumbre también debe ser minimizada. Reportar las medidas tomadas para asegurar la precisión en la contabilidad de emisiones promoverá su credibilidad y fortalecerá su transparencia.

Estos principios intentan robustecer todos los aspectos de la contabilidad y el reporte de GEI. Su aplicación garantiza que el inventario de GEI constituya una representación imparcial y fidedigna de las emisiones de una empresa. Su función primordial es orientar la implementación del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI (ECCR), particularmente cuando puedan existir situaciones específicas que impliquen cierta ambigüedad. (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero).

3.1.1.3. Huella de Carbono Corporativa Mixta

- MC3.

Para estimar la Huella de Carbono Corporativa (HCC) se usa el “método compuesto de las cuentas contables” (MC3); ésta ha alcanzado una notable difusión en los últimos años, habiendo sido empleado por organismos públicos, gobiernos, empresas, grupos ecologistas, etc. A pesar de que no haya un consenso en lo que a su contenido respecta, concretamente, las mayores diferencias surgen en los gases que se incluyen y en su alcance, en el sentido de si se consideran sólo emisiones directas, o también se deben incluir aquellas emisiones generadas indirectamente, tanto al adquirir bienes y servicios que precisaron energía para ser producidos como, considerando las emisiones generadas en la cadena de suministradores de los que se abastece la empresa para obtener sus productos (Wiedmann y Minx, 2008).

Algunos estudios optan por cuantificar todos o algunos de los Gases de Efecto Invernadero, expresados en toneladas equivalentes de CO₂, mientras que otros se limitan a la cuantificación de este último.

El método desarrollado por Doménech (2004a, 2004b, 2007), MC3, da respuesta a la necesidad de las empresas y organizaciones calcular su HE tanto en unidades de superficie como en toneladas de CO₂, de modo que se permite el cálculo de la Huella de Carbono Corporativa.

El origen del MC3, se encuentra en la huella familiar (Wackernagel *et al.*, 2000), basándose en la matriz de consumos y superficies presente en la hoja de cálculo elaborada para el cálculo de la huella de los hogares de Wackernagel, Doménech (2004a) elabora una matriz, la llamada matriz consumos-superficies, que recoge los consumos de las principales categorías de productos que una empresa necesita, existiendo también apartados para los residuos generados y el uso del suelo. Esos consumos y/o residuos serán transformados a unidades de superficie y toneladas de CO₂.

La metodología MC3 se aplicó por primera vez en la Autoridad Portuaria de Gijón (Doménech 2004a), proyecto coordinado por el propio Doménech y en el que participaron 5 universidades españolas. Posteriormente, se ha aplicado en empresas de distintos sectores económicos y se ha comprobado su eficiencia y utilidad para proporcionar información relevante en las empresas de cualquier sector económico.

La Huella de Carbono Corporativa obtenida a partir de la actual matriz MC3 incluye tanto las emisiones de CO₂ directas como las indirectas, entendiendo éstas como las generadas a raíz de la producción/prestación de bienes o servicios. La información necesaria para calcular la HCC a partir del método MC3 se puede obtener, principalmente, de documentos contables, aunque también es posible que se requiera de información proveniente de otros departamentos no financieros, como datos de generación de residuos o superficie ocupada por las instalaciones de la organización.

Igualmente, a través del método compuesto de las cuentas contables se puede estimar la huella de productos, añadiendo la huella de todas las empresas por las que circula a lo largo de su ciclo de vida.

3.1.2. Certificaciones de Carbono en España

El proceso de verificación de la Huella de Carbono puede ser llevado a cabo por una tercera parte o un verificador externo, el cual evalúa la precisión e integridad de la información reportada, teniendo en cuenta los principios de contabilidad y reporte de la metodología seguida. La verificación también puede ser interna, si lo que se desea obtener es la Huella de Carbono para mejoras internas, o una verificación externa no acreditada, que puede ser realizada por una consultora.

Son muchas las entidades independientes que se dedican a certificar que una organización, proceso, producto, evento o servicio cumple una serie de requisitos definidos por las normas. Algunas de ellas son:

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).

- Bureau Veritas.
- LRQA (Lloyd’s Register Quality Assurance).
- SGS.

3.2. Huella de Carbono en Otras Universidades Españolas

A nivel nacional no son demasiadas las universidades que han decidido calcular y reportar su Huella de Carbono, en la tabla que se muestra a continuación se recogen algunas de ellas y se especifica la metodología seguida junto con los datos disponibles de su Huella de Carbono o, en otros casos, de su Huella Ecológica.

Tabla 3.2: Huella de Carbono y/o Huella Ecológica en varias universidades españolas.

Universidad	Universidad de Granada	Universidad de Santiago de Compostela	Universidad de Valencia	Universidad de Málaga	Universidad de Alcalá	Universidad de San Jorge
Metodología	Propia	Propia	Simmons y Chambers, 1998	Propia	ISO 14064-1 y GHG Protocol	GHG Protocol
Consumo de Biocombustible	✓					
Consumo de gas natural	✓	✓	✓		✓	✓
Consumo Carburante	✓	✓	✓		✓	✓
Electricidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Universidad	Universidad de Granada	Universidad de Santiago de Compostela	Universidad de Valencia	Universidad de Málaga	Universidad de Alcalá	Universidad de San Jorge
Consumo de Agua	✓	✓	✓	✓		
Consumo de Papel	✓	✓	✓			✓
Movilidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Generación de Residuos	✓	✓	✓	✓		
Construcción	✓	✓	✓	✓		
Emisiones fugitivas gases fluorados					✓	✓
Huella Ecológica (Hag/año)	4.810,45	6.990,88 (5.217,08 Ha bosque gallego/año)	21.259,9 (15.879,4 Ha bosque med./año)	10.655,18 (7.951,63 ha bosque/año)	-	-
Huella Ecológica per cápita	-	0,21 hag/persona/año	-	0,26 hag/persona/año	-	-
Huella de Carbono (ton CO ₂ eq./año)	20.971,93	32.407,83	58.517,84	49.856,43	8.088,08	1.784
Huella de Carbono per cápita	-	-	-	-	-	1,22 ton/persona/año CO ₂
Año	2010	2007	2010	2010	2011	Curso 2011-2012

La Universidad de Granada (Cárdenas Paiz *et al.*) cuenta con un Sistema de Gestión Medioambiental basado en la norma europea ISO 14000. Empleando la metodología establecida por Rees y Wackernagel, y teniendo en cuenta los desarrollos metodológicos de los estudios de la Universidad Politécnica de Cataluña, esta universidad ha sido una de las que ha hecho una estimación de su Huella Ecológica. Para ello utiliza como unidad de medida la “hectárea del territorio productivo estándar”, que le permite comparar la Huella Ecológica obtenida con la de otros lugares del mundo; en este caso resultó ser de 4.810,452 hectáreas. Como también se especifica en la tabla 3.2, su Huella de Carbono correspondiente al año 2010 es de 20.971,93 toneladas de CO₂.

Donde la Huella Ecológica se calculó a partir de esa cantidad de CO₂ dividiendo entre la capacidad de fijación de la masa forestal. Con este dato se obtiene el área de territorio requerida para asimilar los residuos producidos. Por último, a esa área de territorio se le suma el espacio ocupado por los edificios universitarios obteniendo la Huella Ecológica.

Cabe destacar que las actividades que mayor impacto medioambiental provocaron fueron el consumo de energía, construcción y movilidad.

Según el Informe de la Huella de Carbono de la Universidad de Alcalá (2011), las emisiones de Gases de Efecto Invernadero emitidas por esta universidad fueron de 8.088,08 toneladas de CO₂ equivalente. De las cuales el 56,07% fueron emisiones indirectas debidas a la compra de energía eléctrica en el mercado peninsular, mientras que el 43,56% fueron emisiones directas de alcance 1 y el restante 0,37% asociado al alcance 3.

De acuerdo al estudio realizado por López Álvarez *et al.* (2008) para la Universidad de Santiago de Compostela (USC) los principales responsables de las emisiones de CO₂ de dicha universidad en el año 2007 fueron los consumos energéticos en los centros (electricidad y calefacción), con un 63% de las emisiones totales.

La USC viene realizando estudios sobre las emisiones de CO₂ desde el año 2003, para así poder estudiar su evolución.

Puchades Gallart *et al.* (2011) calcularon las emisiones de CO₂ asociadas a los consumos y residuos generados por la Universidad de Valencia, a partir de los factores de conversión, utilizando la metodología de Simmons y Chambers (1998).

De las universidades citadas anteriormente es la que mayor Huella de Carbono y, por lo tanto también, Huella Ecológica calculadas posee.

Según el estudio Huella Ecológica de la Universidad de Málaga (2011), el principal impacto ambiental de los identificados es el ligado a la ocupación en superficie de la universidad, seguido del consumo de electricidad. En este estudio se tuvo en cuenta el consumo de recursos naturales (agua, construcción de edificios, energía eléctrica y movilidad) y la producción de residuos (peligrosos).

Gracias al Reporte Público que hizo la Universidad de San Jorge (curso 2011-2012) acerca del Cálculo de su Huella de Carbono, se conoce que en tal entidad más del 90% de las emisiones fueron consecuencia del consumo eléctrico y de la movilidad.

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Para inventariar las emisiones de CO₂ equivalente de empresas y organizaciones existen numerosas metodologías, como ya se ha comentado en el apartado 3.1.1. En este Trabajo Fin de Máster se ha seguido una metodología propia teniendo en cuenta las directrices de las principales metodologías con enfoque a organizaciones como ISO 14064-1 y GHG Protocol.

En general, los pasos a seguir para el cálculo de la Huella de Carbono en las distintas metodologías coinciden.

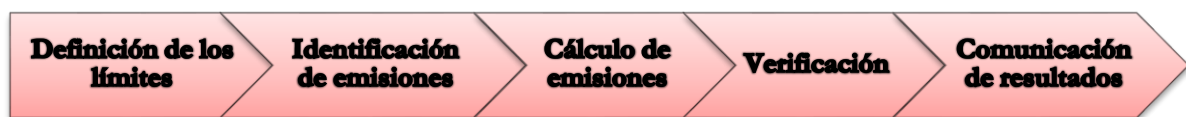


Figura 4.1: Temporalización general del cálculo de la Huella de Carbono.

La “definición de los límites” y la “identificación de las emisiones” se describen en los apartados sucesivos para el caso concreto de la UPCT. Una vez que se han identificado las emisiones, se procede a recopilar información, o lo que es lo mismo, “datos de actividad”. Dicho parámetro define el grado de actividad, por ejemplo, en el caso del consumo de agua el dato de dicha actividad vendrá dado en m³ de agua consumida.

Para el “cálculo de emisiones” se multiplica el anterior parámetro por un factor de emisión, que supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro dato de actividad. Por lo que:

$$\text{Huella de Carbono} = \sum (\text{Dato de actividad} \times \text{Factor de Emisión})$$

Los datos de actividad usados son facilitados por personal encargado de la actividad en cuestión o provenientes de datos de facturación. Mientras que los factores de emisión se han obtenido de fuentes oficiales (Anexo II).

4.1. Definición de los Límites

4.1.1. Límite Temporal

El periodo para el que se van a notificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero es el correspondiente al año 2013. Por lo que la recopilación de datos de actividades y consumos relativos a la Universidad Politécnica de Cartagena se corresponde a dicho año.

4.1.2. Límites Organizacionales

Uno de los mayores problemas a la hora de calcular la HC de una organización se da al delimitar sus límites organizacionales, que no es otra cosa que decidir qué instalaciones físicas, o unidades de negocio en el caso de las empresas, serán tenidas en cuenta para su cálculo. En este caso se han seleccionado teniendo en cuenta dos factores: la disponibilidad de datos, información completa y accesible, y la relevancia de los mismos.

En la tabla 4.1 se presentan las diferentes instalaciones de la Universidad Politécnica de Cartagena que han sido tenidas en cuenta para la realización del presente estudio.

Tabla 4.1: Instalaciones de la UPCT implicadas en el cálculo de la Huella de Carbono.

INSTALACIÓN
Alfonso XIII
CEDIT
CIM
Cuartel Antiguones
Finca Tomás Ferro
Hospital Marina
I+D+I
Nave Santa Lucía
Rectorado
Residencia A. Colao
Residencia C/Caballero

4.1.3. Límites Operacionales

Una vez que se han determinado los límites organizacionales en función del control que tiene la UPCT sobre centros, instalaciones y vehículos, se establecen los límites

operacionales. Lo cual implica identificar emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones.

A continuación, se definen los alcances que se han contemplado para clasificar las emisiones de GEI.

4.1.3.1. Emisión directa de Gases de Efecto Invernadero

Alcance 1: son aquellas fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por la organización.

- Consumo de gas natural.
- Emisiones fugitivas de HFC (por el uso de equipos de refrigeración y aire acondicionado).
- Emisiones asociadas a la quema de combustibles fósiles de los vehículos pertenecientes a la UPCT.

4.1.3.2. Emisión indirecta de Gases de Efecto Invernadero asociadas a la electricidad

Alcance 2: son las emisiones de GEI que provienen de la generación de electricidad, calor o vapor de origen externo consumidos por la organización.

- Consumo de electricidad.

4.1.3.3. Otras emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero

Alcance 3: se consideran las emisiones diferentes de la emisión indirecta de GEI por energía (alcance 2), que son una consecuencia de las actividades de la organización, pero que se origina en fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por otras organizaciones.

- Movilidad de empleados y alumnos a la universidad.
- Consumo de papel.
- Consumo de agua.
- Generación de residuos peligrosos.

4.1.3.4. Exclusiones

No han sido consideradas ciertas actividades como los viajes del PDI o del alumnado en representación de la universidad por carencia de datos y por su evidente complejidad en cuanto a su cuantificación.

4.2. Identificación de las Fuentes de Emisión de los Gases de Efecto Invernadero

En la tabla 4.2 se muestran las diferentes fuentes de emisión de GEI consecuencia de las actividades de la UPCT en función de su alcance y naturaleza.

Tabla 4.2: Fuentes de emisión de GEI.

	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3
Fuente fija	-Consumo de gas natural	-Energía eléctrica comprada	
Fuente móvil	-Desplazamientos de los vehículos de la UPCT		-Movilidad del PDI, del PAS y del alumnado
Emisión fugitiva	-Emisiones fugitivas de HFC		
Emisión de proceso			-Consumo de papel -Consumo de agua -Generación de residuos peligrosos

4.3. Cálculo de Emisiones

Las fuentes de emisión de la tabla 4.2 se traducirán en datos de actividad que serán multiplicados por su correspondiente factor de emisión para obtener así las

emisiones de dióxido de carbono equivalente ligadas a cada una de ellas. Tales datos de actividad serán cuantificados, pudiéndose dar dos casos:

- Determinación directa a través de datos de consumos.
- Estimación indirecta a partir de datos estadísticos extraídos de encuestas o mediante extrapolación.

En la tabla 4.3 aparece especificada la vía utilizada para cuantificar los datos de actividad y la unidad en la que se mide cada uno de ellos.

Tabla 4.3: Determinación de los datos de actividad.

Categoría	Datos de Actividad	Unidad
Consumo de gas natural	Determinación directa	kW*h
Desplazamientos de los vehículos de la UPCT	Estimación indirecta	km
Emisiones fugitivas de HFC	Determinación directa	kg
Energía eléctrica comprada	Determinación directa	kW*h
Movilidad del PDI, del PAS y del alumnado	Estimación indirecta	km
Consumo de papel	Estimación indirecta	kg
Consumo de agua	Determinación directa	m ³
Generación de residuos peligrosos	Determinación directa	kg

Una vez obtenidos los datos de actividad para cada una de ellas se procede a buscar un factor de emisión (tabla 4.4) que permita transformar estos datos de actividad en toneladas de dióxido de carbono equivalente, en este estudio se han obtenido de diversas fuentes oficiales (Anexo II).

Tabla 4.4: Factores de emisión utilizados.

Categoría	Factor de Emisión	Unidad
Consumo de gas natural	0,2016	Kg CO ₂ eq./KW*h
Desplazamientos de los vehículos de la UPCT	*	g CO ₂ eq./Km
Emisiones de HFC	1520	Kg CO ₂ eq./Kg
Energía eléctrica comprada	0,24	Kg CO ₂ eq. /KW*h
Movilidad del PDI, del PAS y del alumnado	**	Kg CO ₂ eq./Km
Consumo de papel	3	Kg CO ₂ eq./Kg
Consumo de agua	0,5	Kg CO ₂ eq./m ³
Generación de residuos peligrosos	***	Kg CO ₂ eq./Kg residuo
*Depende del vehículo		
**Varía según el medio de transporte		
***Depende del tipo de residuo		

Alcance 1

a) Fuente fija.

-Consumo de gas natural en ACS y calderas de calefacción.

Son diversas las instalaciones de la UPCT que consumen gas natural, en la tabla 4.5 se especifica cuáles son, el consumo de cada una de ellas y las toneladas de CO₂ equivalente consecuencia del consumo.

Tabla 4.5: Emisiones derivadas del consumo de gas natural.

Instalación	Consumo de combustible (KWh)	Factor de Emisión de CO ₂ (Kg CO ₂ eq./KWh)	Emisiones de CO ₂ (ton CO ₂ eq.)
Campus de Alfonso XIII	125645	0,2016	25,33
Casa de la Juventud	5677		1,14
ETSII	25132		5,06
Pabellón Urban	18161		3,66
Residencia Alberto Colao	428670		86,41
TOTAL	603285		121,62

b) Emisiones fugitivas.

-Emisiones fugitivas de hidrofluorocarburos.

Los equipos de refrigeración y aire acondicionado pueden generar emisiones fugitivas de hidrofluorocarburos (HFC), estas posibles fugas han de ser controladas según lo establecido en el RD 795/2010 de 16 de junio, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan y según el reglamento 1516/2007 de 19 de diciembre, por el que se establecen, de conformidad con el reglamento (CE) n° 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, requisitos de control de fugas estándar para los equipos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor que contengan determinados gases fluorados de efecto invernadero.

Si se detectase una fuga durante el periodo de tiempo que está siendo estudiado, habría que anotar la cantidad de gas fluorado adicionada en el registro del equipo.

Para hallar las emisiones de CO₂ asociadas a las emisiones fugitivas hay que tener en cuenta la cantidad de gas fluorado emitida (masa de dicho gas que ha sido recargada) y su correspondiente potencial de calentamiento (factor de emisión), de modo que:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{Kg de gas fluorado recargado al equipo} * \text{Potencial de calentamiento del gas}$$

Dependiendo del tipo de gas fluorado del que se trate, el factor de emisión poseerá un valor u otro. En la tabla 4.6 aparecen estos valores para los distintos gases fluorados.

Tabla 4.6: Factores de emisión de HFC.

Gas	Factor de Emisión de CO ₂ (Kg CO ₂ eq./Kg Gas)
R-134a	1300
R-410A	1720
R-407C	1520

La empresa de mantenimiento encargada de reponer el refrigerante perdido en los circuitos de refrigeración, consecuencia de las pérdidas de carga en los equipos de refrigeración, contabilizó 90 Kg de refrigerante R-407C en el año 2013. Para esa cantidad de gas fluorado las emisiones de CO₂ equivalente se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Emisiones derivadas de los HFC.

Gas	Factor de Emisión de CO ₂ (Kg CO ₂ eq./Kg gas)	Cantidad de Gas Fluorado Recargado (Kg gas)	Emisiones de CO ₂ (ton co ₂ eq.)
R-407C	1520	90	136,8

c) Fuente móvil.

-Desplazamientos de los vehículos propios de la UPCT.

Para contabilizar las toneladas de CO₂ provenientes de la circulación de todos los vehículos que posee la universidad se ha escogido el correspondiente factor de emisión de cada uno de ellos disponible en la 12ª edición de la “Guía de Vehículos Turismo de Venta en España, con Indicación de Consumos y Emisiones de CO₂” que el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía pone a disposición de los ciudadanos. En algunos casos no se dispone de la suficiente información del vehículo para escoger un factor de emisión concreto, por lo que se ha seleccionado un valor intermedio entre los distintos existentes para dicho modelo de vehículo.

Cada vehículo consume anualmente alrededor de 750 l de diesel, lo que corresponde a unos 15.000 Km. En el caso de los dos tractores se ha estimado una distancia anual recorrida de 5.000 Km.

Tabla 4.8: Emisiones derivadas del desplazamiento de los vehículos propios de la UPCT.

Vehículo	Departamento	Factor de Emisión (g CO ₂ /Km)	Distancia Media Anual (Km)	Emisiones de CO ₂ (ton CO ₂ eq.)
Tractor	Finca Tomás Ferro	2670	5000	13,35
Tractor Massey	Finca Tomás Ferro	2670	5000	13,35
Peugeot Partner Tep	Finca Tomás Ferro	134	15000	2,01
Mercedes Vito	Dpto. Ingeniería Química y Ambiental	206	15000	3,09
Camión Lidar Mercedes Benz	Dpto. Ingeniería Química y Ambiental	240	15000	3,6
Renault Kangoo Privil	Dpto. CC. y Tecnología Agraria	135	15000	2,025
Citröen Jumpy 2.0 TD	Dpto. Producción Vegetal	175	15000	2,625
Nissan Qashqai	Dpto. Producción Vegetal	135	15000	2,025
Citröen Jumpy 1.9 TD	Dpto. Producción Vegetal	168	15000	2,52
Mitsubishi Galloper	Dpto. Tecnología Informática y Telecomunicaciones	246	15000	3,69
Peugeot Partner Combi	Unidad Técnica	143	15000	2,145
Renault Safrane	Gerencia	214	15000	3,21
Audi A6 2.5 4P TDI Multitronic	Gerencia	186	15000	2,79
Mercedes Vito Furgón	Vicerrectorado de Planificación Económica y Estratégica	206	15000	3,09
Suzuki Vitara/1.9 TD	Dpto. Producción Agraria	174	15000	2,61
Mitsubishi/L200 gls	Dpto. Ing. Minera Geológica y Cartográfica	204	15000	3,06
Peugeot Partner	Dpto. CC. y Tecnología Agraria	143	15000	2,145
Vehículo Todoterreno Volvo	Dpto. de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola	159	15000	2,385
TOTAL				69,72

Alcance 2

a) Fuente fija.

-Consumo de electricidad.

El factor de emisión elegido para el consumo de electricidad es el propuesto por la Red Eléctrica de España para el año 2013.

Tabla 4.9: Emisiones derivadas del consumo de electricidad.

Instalación	Consumo de Electricidad (KWh)	Factor de Emisión de CO ₂ (Kg CO ₂ /KWh)	Emisiones de CO ₂ (ton CO ₂ eq.)	
Alfonso XIII	1.363.612	0,24	327,26	
CEDIT	186.103		44,66	
CIM	618.677		148,48	
Cuartel Antiguones	1.201.903		288,45	
Finca Tomás Ferro	201.848		48,44	
Hospital Marina	1.023.214		245,57	
I+D+I	1.130.200		271,24	
Nave Santa Lucía	55.143		13,23	
Rectorado	356.719		85,61	
Residencia A. Colao	217.518		52,20	
Residencia C/Caballero	62.970		15,11	
TOTAL	6.417.907			1540,29

Alcance 3

a) Fuente móvil.

-Desplazamiento de empleados y alumnos a la universidad.

Para conocer el medio de transporte utilizado por las personas que acuden a la Universidad Politécnica de Cartagena se realizó una encuesta dirigida tanto a alumnos como a PDI y PAS, en este encuesta (Anexo I), además del medio de transporte, se pedía información acerca de la distancia media recorrida en cada trayecto o de la frecuencia con la que se asiste a la universidad. En la tabla 4.10 aparecen los resultados de la citada encuesta de manera porcentual.

Tabla 4.10: Distribución según el medio de transporte en el que se acude a la UPCT.

Automóvil	Autobús	Tren	Bici	Pie
40,2%	8,5%	2,1%	2,1%	46,8%

Además, dependiendo del número de pasajeros que ocupen el automóvil el coste ambiental variará, es por ello que esta variable se ha tenido en cuenta en la encuesta realizada para calcular las emisiones de CO₂ derivadas de la movilidad del alumnado, PDI y PAS.

Tabla 4.11: Factor de emisión asociado al número de ocupantes del vehículo.

Factor de emisión (Kg CO ₂ /Km)	Personas	Nivel de Ocupación (%)
0,05	5	100
0,07	4	75
0,10	3	50
0,20	1 ó 2	25

Los factores de emisión correspondientes al transporte público han sido obtenidos de Oficina Catalana del Cambio Climático, en el caso del tren se ha tomado el factor de emisión perteneciente al de un tren Renfe media distancia (regionales).

Con toda la información anterior, los datos obtenidos a partir de la encuesta y teniendo en cuenta que la UPCT estaba formada en 2013 por un total de alrededor de 8.487 personas, la tabla 4.12 muestra una estimación del impacto ambiental que tuvo la movilidad del personal en 2013 considerando 41 semanas lectivas, se incluyen los periodos de exámenes.

Tabla 4.12: Emisiones derivadas de la movilidad.

	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /Km*Pasajero)	Emisiones (ton CO ₂ eq.)
Automóvil	0,05	0
	0,07	259,12
	0,1	876,58
	0,2	5275,77
Tren	0,03	26,65
Autobús	0,08281	720,01
TOTAL	-	7158,14

b) Emisiones de proceso.

-Consumo de papel.

Dado que el consumo de papel por parte de la organización es muy elevado, se tendrá en cuenta para el cálculo de la Huella de Carbono. Como no se tienen datos del papel consumido por parte de los alumnos, sólo se contabilizará el consumido por el personal docente y administrativo.

En el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, compuesto de 30 personas (5 PAS y 25 PDI), durante 2013 se han consumido 300 paquetes de 500 folios (todos de papel no reciclado). A través de la siguiente fórmula es posible calcular la cantidad de papel utilizado para este departamento.

Cálculo de las toneladas de papel usado:

- ❖ Tamaño DIN-A4: 297 mm x 210 mm -> 16,03 folios DIN-A4=1m² papel.
- ❖ Peso papel: 80 g/m².

$$P = \frac{80 * N}{16,03 * 10^6}$$

Donde:

P: cantidad de papel (toneladas).

N: número de folios de papel DIN-A4.

Aplicando la fórmula anterior para el cálculo de la cantidad de papel consumido, el gasto asociado al Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de papel fue de 748,5 kilogramos. Teniendo en cuenta el número de personas que constituyen cada departamento de la UPCT, se realiza una extrapolación de este consumo para estimar la cantidad de papel que fue necesaria en los todos los departamentos.

Tabla 4.13: Toneladas de papel consumidas en los distintos departamentos de la UPCT.

Departamento	Personas (PAS + PDI)	Toneladas de Papel
Ingeniería Química y Ambiental	30	0,7485
Arquitectura y Tecnología de la Edificación	72	1,7964
Ciencia y Tecnología Agraria	46	1,1477
Ciencias Jurídicas	19	0,4740
Economía	19	0,4740
Economía Financiera y Contabilidad	24	0,5988
Economía de la Empresa	48	1,1976
Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos	26	0,6487
Estructuras y Construcción	27	0,6736
Expresión Gráfica	17	0,4241
Física Aplicada	22	0,5489
Ingeniería de los Alimentos y del Equipamiento Agrícola	19	0,4740
Ingeniería Eléctrica	16	0,3992
Ingeniería de Materiales y Fabricación	29	0,7235
Ingeniería Mecánica	20	0,4990
Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica	24	0,5988
Ingeniería de Sistemas y Automática	14	0,3493
Ingeniería Térmica y de Fluidos	18	0,4491
Matemática Aplicada y Estadística	46	1,1477
Métodos Cuantitativos e Informáticos	16	0,3992

Departamento	Personas (PAS + PDI)	Toneladas de Papel
Producción Vegetal	23	0,5738
Tecnología Electrónica	16	0,3992
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	22	0,5489
Unidad Predepartamental de Tecnología Naval	22	0,5489
Unidad Predepartamental de Ingeniería Civil	25	0,6237
TOTAL		16,467

El consumo total estimado de papel por parte de todos los departamentos que componen la Universidad Politécnica de Cartagena fue de 16.467 kilogramos.

Tabla 4.14: Emisiones derivadas del consumo de papel.

Consumo de Papel (Kg)	Factor de Emisión de CO ₂ (Kg CO ₂ /Kg)	Emisiones de CO ₂ (ton CO ₂ eq.)
16467	3	49,401

-Consumo de agua.

La tabla 4.15 muestra de manera desglosada la cantidad de agua consumida en las distintas dependencias de la UPCT dentro de los límites organizacionales y su atribución particular a las emisiones de CO₂ equivalente.

Tabla 4.15: Emisiones derivadas del consumo de agua.

Dependencia	Consumo (m ³)	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /m ³)	Emisiones de CO ₂ (ton CO ₂ eq.)
Campus Alfonso XIII	5704	0,5	2,85
Campus Muralla del Mar	3942		1,97
Casa del Estudiante	112		0,05
CIM (FCE)	2098		1,04
Cuartel Antiguones	3775		1,88
Finca Tomás Ferro	1203		0,60
Nave Santa Lucía	217		0,10

Dependencia	Consumo (m ³)	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /m ³)	Emisiones de CO ₂ (ton CO ₂ eq.)
Rectorado	1104		0,55
Residencia Alberto Colao	6551		3,27
TOTAL	24706		12,35

-Generación de residuos peligrosos.

La generación de residuos peligrosos por parte de la universidad también incrementa la Huella de Carbono de la misma, dada la gran diversidad de residuos peligrosos que se producen como consecuencia de las actividades universitarias de diferente índole es necesaria la búsqueda de los factores de emisión para cada tipo de residuo. En algunos casos, no se ha encontrado un factor de emisión que sea aplicable al residuo en cuestión.

En la tabla 4.16 se muestran algunos de los residuos generados por la UPCT en el año 2013 junto con su código del Listado Europeo de Residuos. En la mayoría de los casos, se ha encontrado un factor de emisión aplicable a dicho residuo. Lógicamente, solamente se incluirán en el cálculo de la Huella de Carbono aquellos a los que se les atribuye un determinado factor de emisión.

Tabla 4.16: Emisiones derivadas de la generación de residuos peligrosos.

Residuo	Código LER	Consumo (Kg)	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /Kg Residuo)	Fuente	Kg CO ₂ eq.
Aceite mineral	130205	12	0,0554	REDIAM	0,6648
Aguas de laboratorio	180106	22			
Baterías de plomo	160601	14	0,00214	REDIAM	0,02996
Otros disolventes y mezclas de disolventes	140603	290	0,0991	UGR	28,739
Envases contaminados de sustancias peligrosas	150110	538	0,00418	REDIAM	2,24884
Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por residuos peligrosos	150202	210	0,003	REDIAM	0,63

Residuo	Código LER	Consumo (Kg)	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /Kg Residuo)	Fuente	Kg CO ₂ eq.
Material electrónico desechado que contiene componentes peligrosos	200135	31	0,0846	UGR	2,6226
Residuos biosanitarios	180103	17	0,08	REDIAM	1,36
Soluciones ácidas	160507	638	0,0108	REDIAM	6,8904
Soluciones básicas	160507	541	0,0108	REDIAM	5,8428
Tubos fluorescentes	200121	144	0,0846	UGR	12,1824
TOTAL					61,2108

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Huella de Carbono en la UPCT

5.1.1. Alcance 1: Emisiones Directas de GEI

-Consumo de gas natural.

Tal y como detalla la figura 5.1, la instalación que más gas natural consumió en 2013 y, por tanto, la que más emisiones consecuencia de este consumo provocó fue la Residencia Alberto Colao (86,42 toneladas de CO₂ equivalente). Esta última, junto con el resto de dependencias en las que se consume gas natural, suma un total de **121.622 Kilogramos de CO₂ equivalente**.

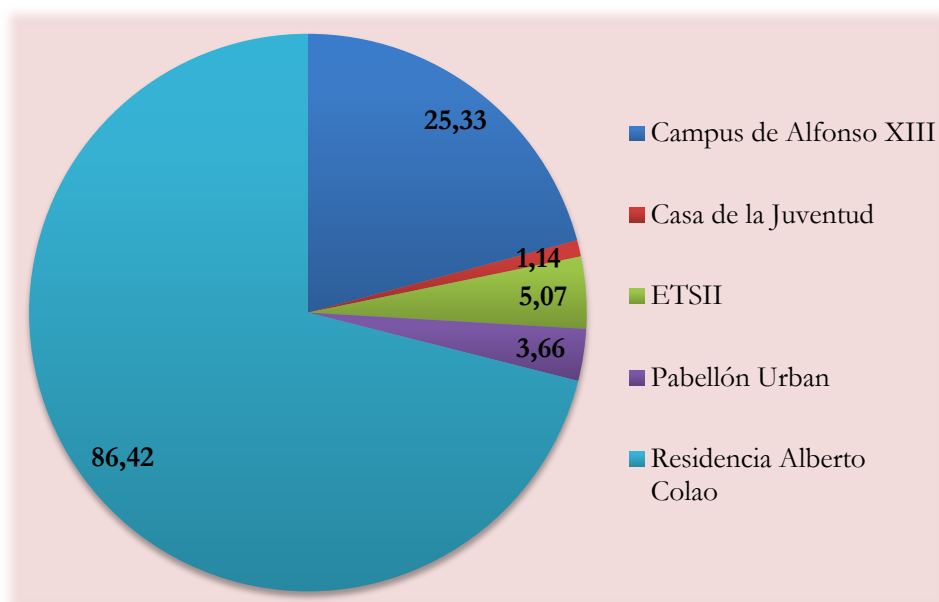


Figura 5.1: Toneladas de CO₂ derivadas del consumo de gas natural.

-Desplazamientos de los vehículos propios de la UPCT.

Los desplazamientos anuales de los vehículos pertenecientes a los distintos departamentos de la UPCT suman un total de **69.720 Kilogramos de CO₂ equivalente**.

-Emisiones fugitivas de hidrofluorocarburos.

Las emisiones fugitivas del gas R-407C de los equipos de refrigeración y aire acondicionado equivalen a **136.800 Kilogramos de CO₂ equivalente**.

5.1.2. Alcance 2: Emisiones Indirectas de GEI Asociadas a la Electricidad

-Consumo de electricidad.

En la figura 5.2 se muestra el peso específico que cada una de las instalaciones tiene sobre el total de **1.540,297 toneladas de CO₂ equivalente** consecuencia del consumo de electricidad. Como era de esperar, las principales responsables son las de mayor dimensión (Alfonso XIII, Cuartel Antiguones, Hospital Marina e I+D+I).

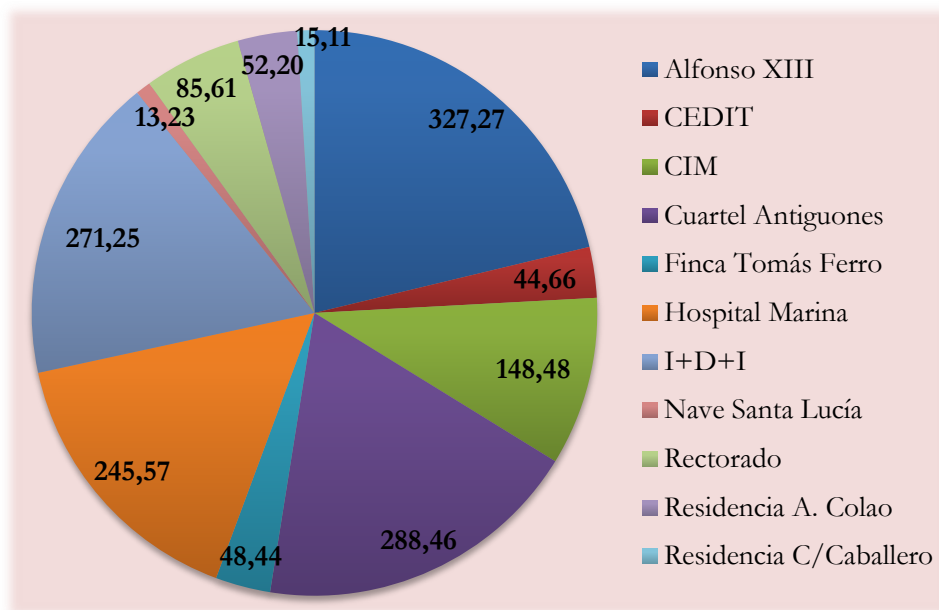


Figura 5.2: Toneladas de CO₂ derivadas del consumo de electricidad.

5.1.3. Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas

-Desplazamiento de empleados y alumnos a la universidad.

Suponiendo que no haya un sesgo de selección en la población encuestada, el hecho de que el transporte privado lo usen más personas que el transporte público y al

tratarse de un medio de transporte de menor eficiencia energética las emisiones ligadas al primero (89,56%) son mayores que las ligadas al segundo (10,43%), como muestra la figura 5.3.

Si se comparan estos resultados con el de otras universidades españolas el uso del transporte público es relativamente bajo, por ejemplo en la Universidad de Granada (Cárdenas Paiz *et al.*) su uso va desde el 22 al 38%, dependiendo de si se trata de PDI, PAS o alumnado.

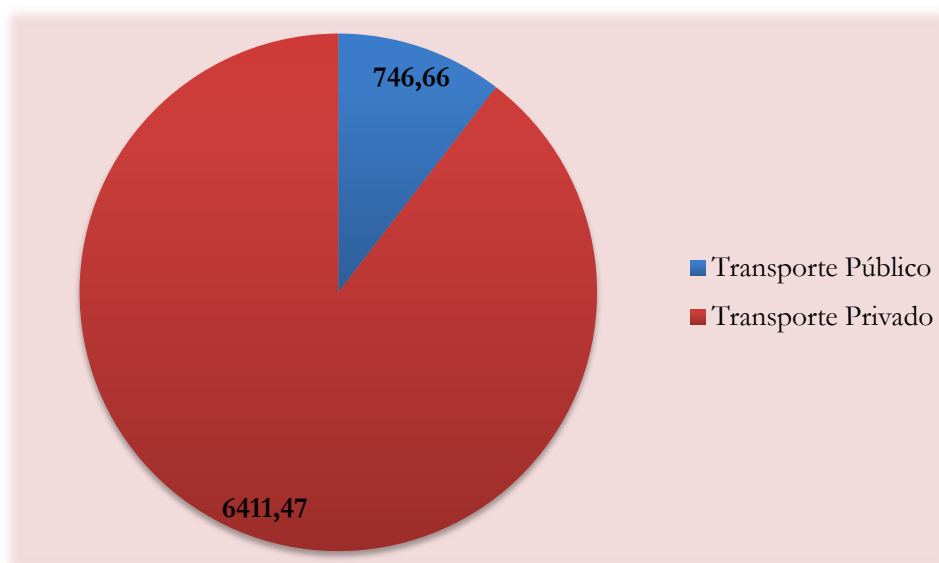


Figura 5.3: Toneladas de CO₂ derivadas del transporte público y del privado.

-Consumo de papel.

El consumo de papel por parte del personal docente y de servicios durante el año estudiado fue de 16.467 Kilogramos, lo que supone **49.401 Kilogramos de CO₂ equivalente**. Si se compara este resultado con el de otra universidad española como la USC (López Álvarez *et al.*, 2008) cuyas emisiones para asociadas al consumo de papel fueron 438,29 toneladas de CO₂ en el año 2007, las emisiones correspondientes a la UPCT son notablemente inferiores. Sin embargo, en el caso de la USC se tuvo en cuenta el consumo de papel por parte de los estudiantes a través de una encuesta sobre hábitos de consumo de papel.

-Consumo de agua.

Las instalaciones comprendidas en el límite organizacional gastaron durante 2013 un total de 24.706 m³, que transformándolos equivalen a **12.353 Kilogramos de CO₂ equivalente**. En la figura 5.4 queda contemplado que los mayores consumidores de agua son el Campus Alfonso XII y la Residencia Alberto Colao.

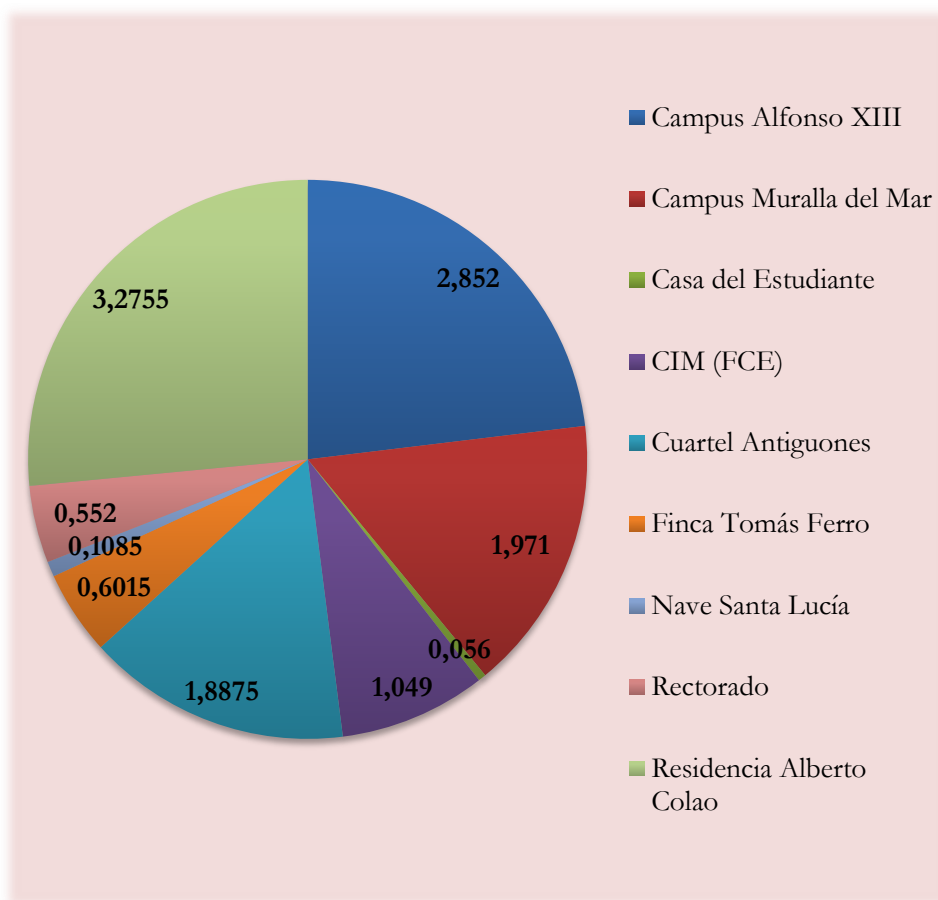


Figura 5.4: Toneladas de CO₂ derivadas del consumo de agua.

-Generación de residuos peligrosos.

La figura 5.5 muestra el porcentaje de emisiones de dióxido de carbono correspondiente a cada uno de los residuos peligrosos que han sido calculados, todos ellos suponen un total de **61,21 Kilogramos de CO₂ equivalente**. Los disolventes y mezclas de disolventes constituyen un 48% de esta cantidad.

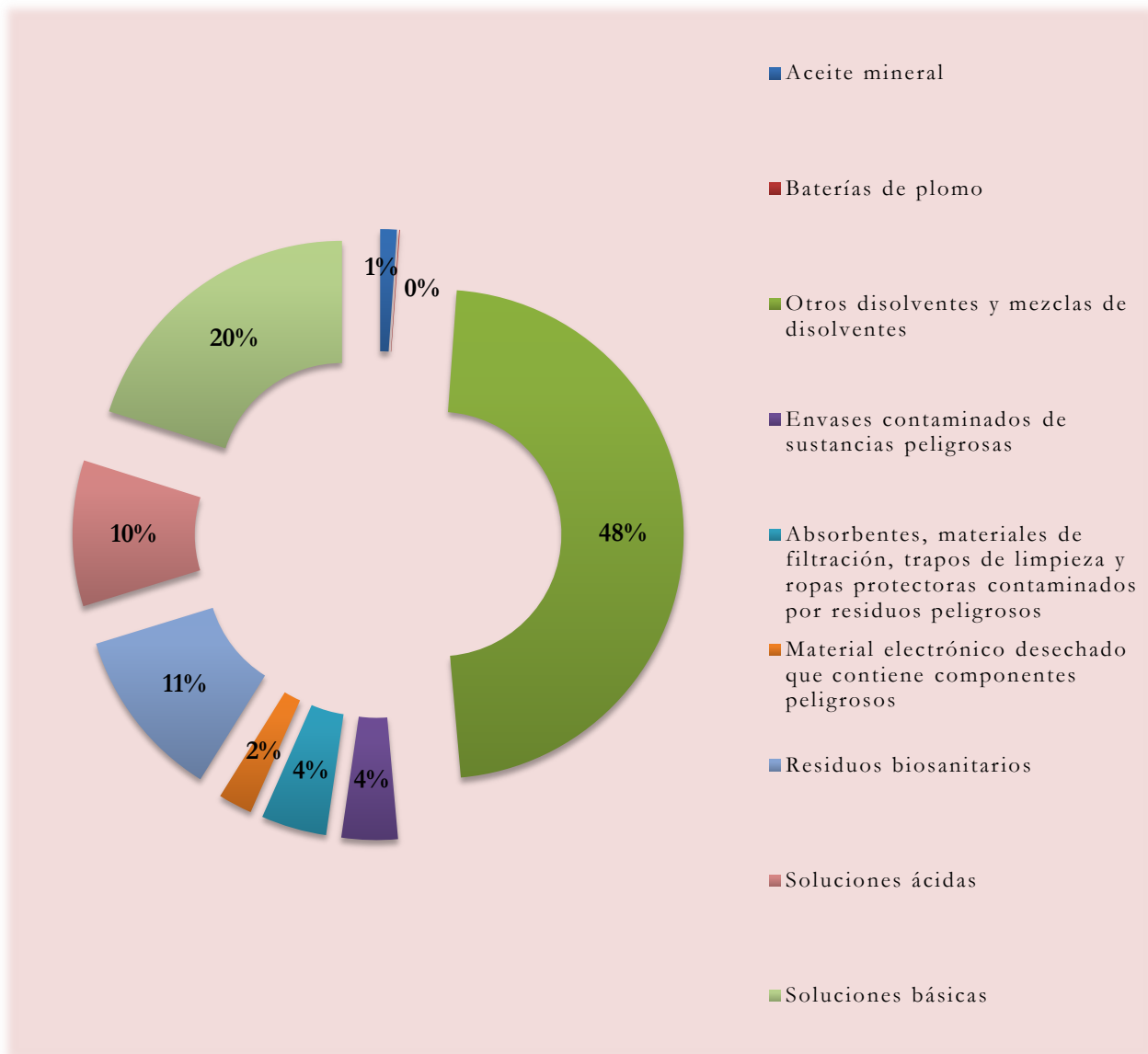


Figura 5.5: Distribución porcentual por tipo de residuo de las emisiones de CO₂ derivadas de la generación de residuos peligrosos.

5.1.4. Estimación de la Huella de Carbono de la UPCT

Las actividades que son una fuente de GEI que pertenecen o son controladas por la organización, es decir, las de alcance 1 contribuyen con **328,14 toneladas de CO₂ equivalente**.

Tabla 5.1: Emisiones de CO₂ equivalente asociadas al Alcance 1.

ALCANCE 1		
Categoría	ton CO ₂ eq.	%
Consumo de gas natural	121,62	37,06
Desplazamientos de los vehículos de la UPCT	69,72	21,24
Emisiones de HFC	136,8	41,68
TOTAL	328,14	100

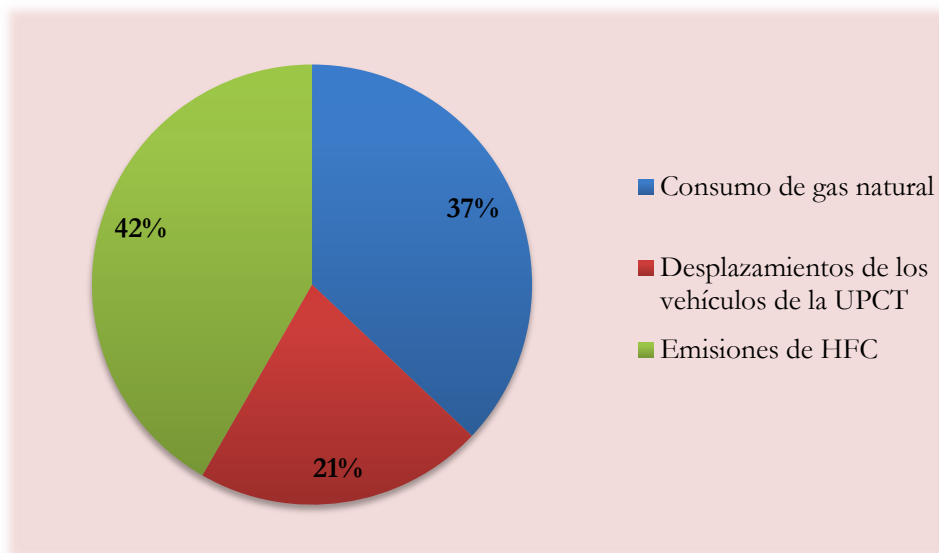


Figura 5.6: Distribución por actividades de las emisiones correspondientes al Alcance 1.

En cuanto al alcance 2, **1540,29 toneladas de CO₂ equivalente** provienen de la generación de electricidad.

Tabla 5.2: Emisiones de CO₂ equivalente asociadas al Alcance 2.

ALCANCE 2		
Categoría	ton CO ₂ eq.	%
Consumo de electricidad	1540,29	100

Con mucha diferencia del resto de categorías contempladas en el alcance 3, la movilidad del PDI, del PAS y del alumnado es la actividad que mayor repercusión medioambiental tiene con un 99,14% de las emisiones totales, **7219,95 toneladas de CO₂ equivalente**.

Tabla 5.3: Emisiones de CO₂ equivalente asociadas al Alcance 3.

ALCANCE 3		
Categoría	ton CO ₂ eq.	%
Movilidad del PDI, del PAS y del alumnado	7158,14	99,14
Consumo de papel	49,40	0,68
Consumo de agua	12,35	0,17
Generación de residuos peligrosos	0,061	0,00084
TOTAL	7219,95	100

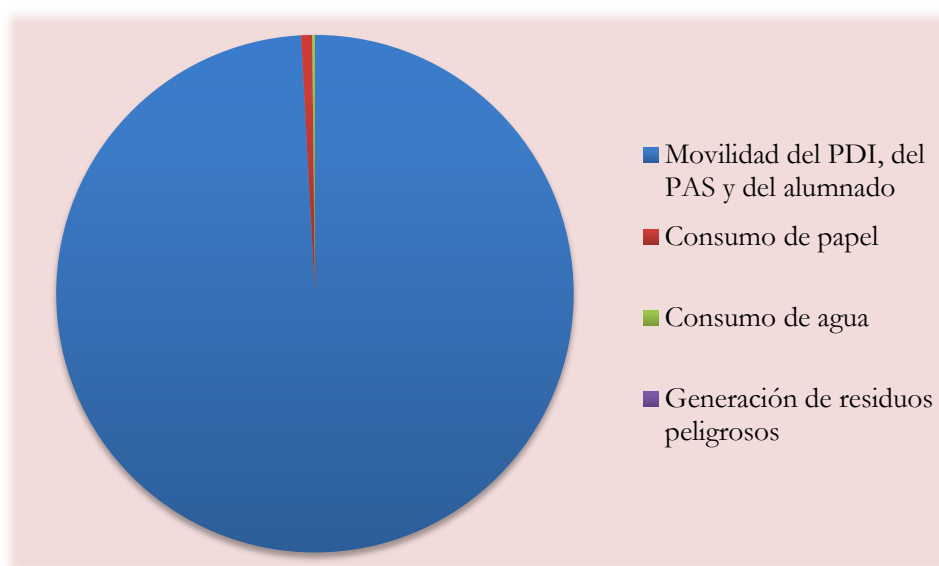


Figura 5.7: Distribución por actividades de las emisiones correspondientes al Alcance 3.

A continuación, en la figura 5.8 se contemplan las emisiones de los alcances 1, 2 y 3. Como consecuencia del gran peso que tiene la movilidad de la comunidad universitaria, las emisiones de alcance 3 se sitúan a la cabeza con un 79% del total de las emisiones de CO₂ equivalente.

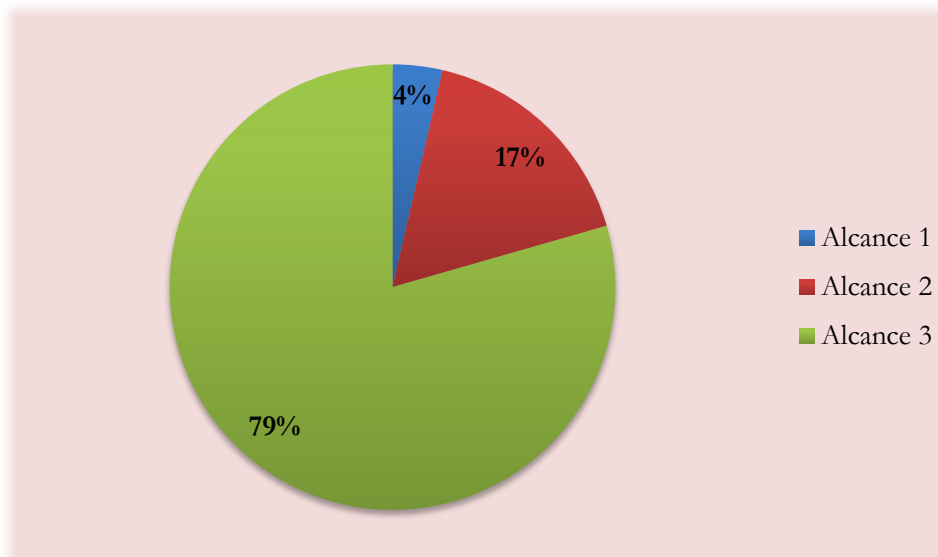


Figura 5.8: Distribución de las emisiones correspondientes al Alcance 1, 2 y 3.

Teniendo en cuenta las emisiones de los alcances 1, 2 y 3, la Huella de Carbono de la Universidad Politécnica de Cartagena correspondiente al año 2013 es de **9088,395 toneladas de CO₂ equivalente**.

Tabla 5.4: Huella de Carbono de la UPCT.

	ton CO ₂ eq.	%
Alcance 1	328,142	3,61
Alcance 2	1540,297	16,94
Alcance 3	7219,955	79,44
TOTAL	9088,395	100

Por último, la figura 5.9 desglosa cada una de las fuentes que se incluyen en este estudio para analizarlas independientemente del alcance al que están vinculadas. Como ya se ha comprobado anteriormente, la movilidad del PDI, PAS y del alumnado despunta sobre el resto de categorías, seguida del consumo de electricidad con una diferencia superior a 5.600 toneladas de CO₂ equivalente. Finalmente, el resto de fuentes distan considerablemente de estas dos.

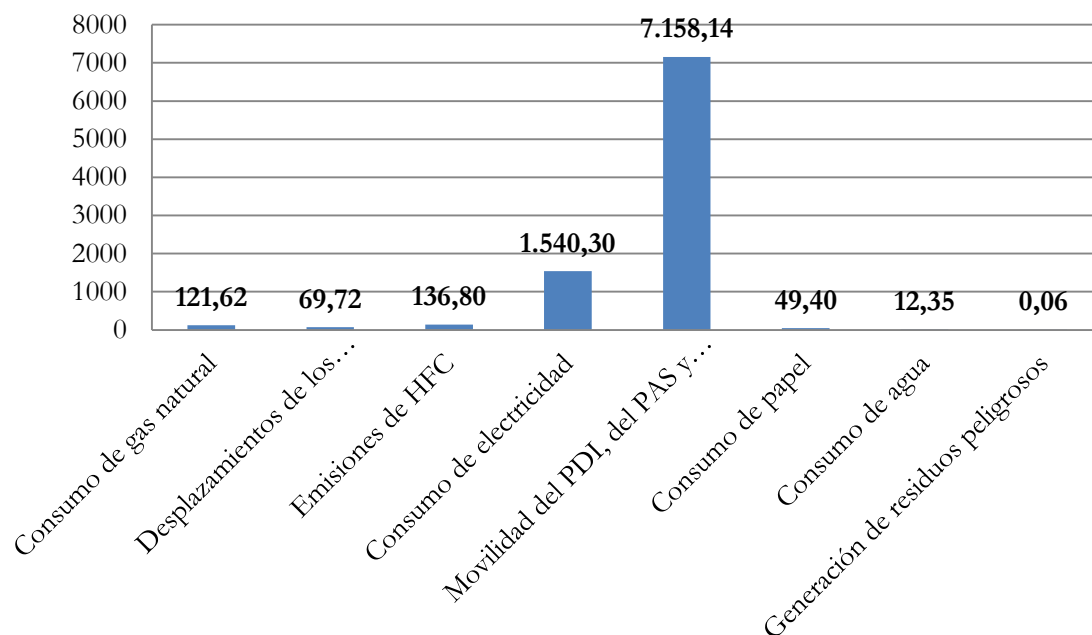


Figura 5.9: Toneladas de CO₂ equivalente por fuente.

5.1.4.1. Emisiones per cápita comunidad universitaria

Como ya se ha especificado anteriormente, la comunidad universitaria compuesta por PAS, PDI y alumnos la constituyeron durante el periodo objeto de estudio 8.487 personas. Por lo que la emisiones por miembro de la comunidad universitaria son de **1,07086 ton CO₂ eq./persona**.

5.2. Hospital de Marina vs. Alfonso XIII

Para comparar dos instalaciones de características y actividades similares se ha calculado la Huella de Carbono del Hospital de Marina y de Alfonso XIII individualmente siguiendo la metodología desarrollada anteriormente para la UPCT. Sin embargo, tan sólo se han incluido aquellas actividades en las que el cómputo concierne a la instalación de manera independiente y es diferenciable del resto de datos de actividad de las distintas instalaciones.

Esta condición la cumplen el consumo de gas natural, de electricidad, de agua y la generación de residuos peligrosos.

Tabla 5.5: Comparativa de las emisiones de CO₂ equivalente entre Hospital de Marina y Alfonso XIII.

		Emisiones (ton CO ₂ eq.)	
	Categoría	Hospital Marina	Alfonso XIII
Alcance 1	Consumo de Gas Natural	5,066	25,330
Alcance 2	Consumo de Electricidad	245,571	327,266
Alcance 3	Consumo de Agua	1,971	2,852
	Generación de residuos peligrosos	0,048	0,012
TOTAL		252,657	355,461

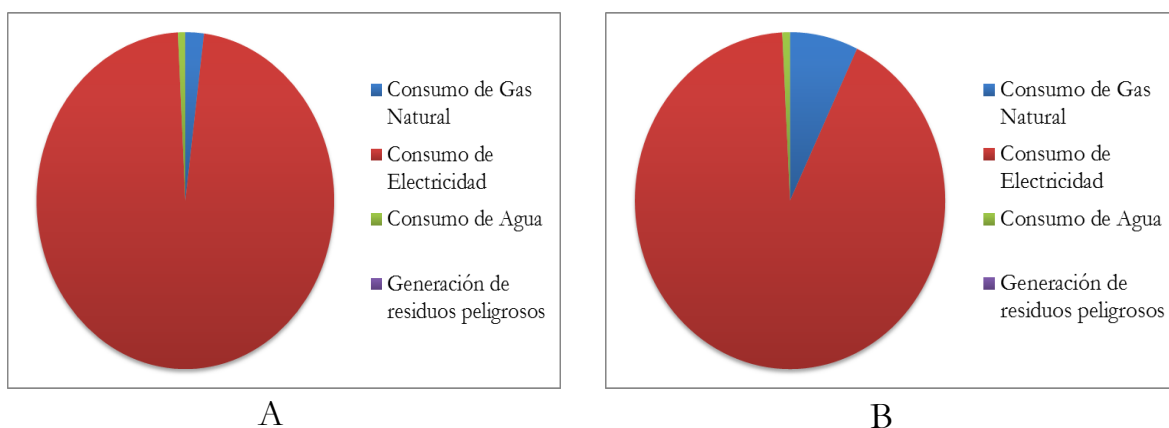


Figura 5.10: Distribución de las emisiones de CO₂ equivalente de Hospital de Marina (A) y Alfonso XIII (B).

La tabla 5.5 y la figura 5.10 verifican que las emisiones del Campus de Alfonso XIII son mayores, principalmente porque se consume más cantidad de gas natural que en el Hospital de Marina, al igual que ocurre con la electricidad. En ambos casos, la importancia de la generación de residuos peligrosos es mínima frente al resto de categorías.

5.3. Comparación de la Huella de Carbono entre Universidades Españolas

El objetivo de este apartado es comparar la Huella de Carbono calculada de la UPCT con otras de ámbito nacional, para que esta comparación sea lo más equiparable posible ha de tenerse en cuenta los métodos de cálculo y el límite del inventario.

A continuación, en la tabla 5.6 aparecen las emisiones de la Universidad de Valencia (UV) y la Universidad de Santiago de Compostela (USC) calculadas para los años 2010 y 2007, respectivamente.

Tabla 5.6: Comparación de la Huella de Carbono entre universidades.

Categoría	UV		USC		UPCT	
	ton CO ₂ /año	%	ton CO ₂ /año	%	ton CO ₂ /año	%
Movilidad del PDI, del PAS y del alumnado	31562,10	53,94	5749,80	17,74	7158,14	78,76
Consumo de papel	365,66	0,62	438,29	1,35	49,40	0,54
Consumo de agua	152,73	0,26	170,19	0,53	12,35	0,14
Generación de residuos peligrosos		0,00		0,00	0,06	0,00
Construcción	11006,81	18,81	5028,74	15,52		0,00
Consumo de electricidad	11723,63	20,03	9904,14	30,56	1540,29	16,95
Combustible (calefacción)	2905,10	4,96		0,00		0,00
Consumo de gasóleo		0,00	4464,41	13,78		0,00
Generación de residuos		0,00	419,96	1,30		0,00
Electricidad (cogeneración)	801,81	1,37		0,00		0,00
Consumo de gas natural		0,00	6232,30	19,23	121,62	1,34
Desplazamiento vehículos propios		0,00		0,00	69,72	0,77
Emisiones de HFC		0,00		0,00	136,80	1,51
TOTAL	58517,84	100	32407,83	100	9088,39	100

Teniendo en cuenta que las características de las instalaciones, el número de fuentes de emisión, los límites organizacionales y los hábitos de la comunidad universitaria difieren, en las tres universidades la movilidad del PDI, del PAS y del alumnado supone una de las fuentes de emisión de CO₂ más importantes.

Las emisiones asociadas al consumo de papel varían porque en la UV y en la USC se han usado diferentes factores de emisión, diferenciándose entre papel virgen y papel reciclado, y el consumo de estos dos tipos fue superior al de la UPCT.

En cuanto al consumo de agua la UPCT tiene menor impacto ambiental, la posible causa de este hecho es que la comunidad universitaria de las otras dos universidades es mayor, 66.431 personas en el caso de la UV y 32.246 en la USC.

Las obras llevadas a cabo (construcción) en la UV y en la USC se tuvieron en cuenta a la hora de calcular la Huella de Carbono, para ello se utilizó un factor de emisión que contempla los metros cuadrados construidos. Esta fuente supone entre un 15 y un 18% de las emisiones totales.

Las diferencias existentes en la categoría de consumo de electricidad se deben a que los factores de emisión utilizados son distintos y, obviamente, los consumos.

Para eliminar el error atribuible al tamaño de la población, es decir, el número total de personas que han sido tenidas en cuenta como comunidad universitaria, se ha calculado la Huella de Carbono per cápita para los casos anteriores.

Tabla 5.7: Comparación de la Huella de Carbono per cápita entre universidades.

	UV	USC	UPCT
ton CO ₂ /(año*persona)	0,88088	1,00501	1,07086

Este ratio denota que la Huella de Carbono es similar en las tres universidades, a pesar de que la totalidad de las fuentes de emisión no son iguales ni los factores de emisión utilizados, entre otros factores que distorsionan el resultado.

Finalmente, cabe mencionar que no siempre es así, otra universidad que también ha calculado sus emisiones per cápita (ton CO₂/miembro de la comunidad

universitaria) es la Universidad de San Jorge pero, aun habiendo tenido en cuenta similares fuentes de emisión como las de este estudio, las emisiones difieren de las anteriormente calculadas.

Tabla 5.8: Huella de Carbono y Huella de Carbono per cápita de la Universidad de San Jorge.

		ton CO ₂	ton CO ₂ /estudiante
Alcance 1	-Consumo de gasoil	102	-
	-Consumo de gas natural		
	-Emisiones fugitivas de HFC		
Alcance 2	-Consumo de electricidad	505	-
Alcance 3	-Movilidad	1.177	-
	-Consumo de papel		
TOTAL		1.784	1,22

Por lo que, según la tabla 5.8, las emisiones per cápita de la Universidad de San Jorge son de alrededor de unas 2 y 3 décimas superiores a las de las UV, UPC y UPCT. Sin embargo, la Huella de Carbono de la primera tiene en común un hecho de especial relevancia con la UPCT, y es que más del 90% del total de sus emisiones son originadas por dos de las fuentes: la movilidad y el consumo de electricidad.

5.4. Medidas Correctoras para Reducir la Huella de Carbono de la UPCT

Una vez analizados los resultados que se han obtenido a lo largo de este estudio, no es difícil darse cuenta de que cualquier acción dirigida a reducir el consumo de electricidad o a promover el uso del transporte público reducirá notablemente las emisiones y, por tanto, disminuirá la Huella de Carbono.

5.4.1. Reducción de las Emisiones Asociadas al Consumo de Electricidad

Para disminuir las emisiones derivadas del consumo de electricidad existen numerosas opciones, a continuación se proponen algunas de las aplicables a la universidad.

- *Adquirir aparatos de bajo consumo eléctrico.*

Por ejemplo, en las residencias universitarias se pueden sustituir los electrodomésticos por otros más eficientes que consuman menos electricidad. O sustituir las bombillas tradicionales por las de bajo consumo en las instalaciones en las que aún se utilicen. Y en las estancias donde haya tubos fluorescentes intentar que la frecuencia de encendido y apagado de estos sea mínima, ya que tienen un consumo elevado en la fase de encendido.

- *Compra de electricidad producida con fuentes renovables.*

Optar por una compañía suministradora teniendo en cuenta el mix de producción de la misma, puesto que puede llegar a variar mucho de unas a otras, algunas producen su energía usando más del 90% de fuentes renovables.

- *Mejorar los hábitos de la comunidad universitaria.*

Entre estos destacan el aprovechamiento de la luz natural, el apagado de la iluminación y los equipos de aire acondicionado en estancias desocupadas o no programar estos últimos a temperaturas inferiores a 25 °C.

5.4.2. Reducción de las Emisiones Asociadas a la Movilidad

Como ya se ha verificado, la movilidad del personal de administración y servicios, del personal docente y de investigación y del alumnado es la fuente de emisión que más contribuye a aumentar la Huella de Carbono. Por tanto, las acciones encaminadas a limitar las emisiones relacionadas a esta fuente ayudarán a disminuir la Huella de Carbono notablemente.

- *Realizar campañas de concienciación.*

Con el reporte de estudios como este en los que se demuestra el impacto medioambiental que suponen los desplazamientos en transporte privado se puede lograr llegar a la comunidad universitaria y hacer que sea consciente del problema.

- *Promover el uso del transporte público.*

Publicitando los convenios de transporte ferroviario y de autobuses que posee la UPCT se podría incrementar el número de personas que son beneficiarias de ellos.

5.5. Medidas Compensatorias para Reducir la Huella de Carbono de la UPCT

Se conoce como *sumidero* todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros de carbono por su función vital principal, la fotosíntesis.

Mediante esta función, los vegetales absorben CO₂ que compensa tanto las pérdidas de este gas que se producen por la respiración como las emisiones producidas en otros procesos naturales (descomposición de materia orgánica). (Carbajal *et al.*, 2010).

En el trabajo de investigación llevado a cabo por Carbajal *et al.* (2010) determinaron la tasa de captación de CO₂ de los cultivos más representativos de la Región de Murcia basados en los datos de producción de biomasa y su contenido de carbono. Se eligió aquellos cuyas hectáreas totales de regadío suponían una superficie mayor de 1000 Ha. Se calculó la captación de carbono por plantas individuales, teniendo en cuenta únicamente la biomasa anual. De esta forma, se estimó el carbono fijado total o el CO₂.

Entre todas las especies arbóreas analizadas en dicho trabajo, el limonero es el que mostró mayor índice de captación de CO₂, tanto en función de la superficie como por árbol. Esto se debe a su gran desarrollo vegetativo, convirtiéndose en árboles más frondosos, con mayor superficie foliar y, por lo tanto, con mayor capacidad de captación de CO₂.

Teniendo en cuenta que cada limonero tiene una capacidad de absorción de 106.933 gramos de CO₂ anuales, para compensar la HC de la UPCT para 2013, haría falta plantar 84.992 limoneros.

6. CONCLUSIONES

Como se ha podido apreciar a lo largo de este estudio, las actividades universitarias diarias tienen repercusión ambiental. Aunque con un correcto y moderado uso de los recursos que se dispone es posible paliar el cambio climático.

Por último, a partir de lo desarrollado en este Trabajo Fin de Máster se puede concluir que:

- I. Teniendo en cuenta los desplazamientos de sus vehículos, el consumo de gas natural, papel, agua, electricidad, la generación de residuos peligrosos, la movilidad de la comunidad universitaria y las emisiones fugitivas de HFC, la Huella de Carbono de la UPCT supuso un total de 9.088,395 toneladas de CO₂ equivalente para el año 2013.
- II. Las fuentes de emisión que mayor peso tuvieron en la Huella de Carbono de la UPCT fueron las asociadas a la movilidad del PDI, del PAS y del alumnado (7158,14 toneladas de CO₂ equivalente) junto con el consumo de electricidad (1540,29 toneladas de CO₂ equivalente).
- III. En otras universidades españolas, en cuya Huella de Carbono han incluido fuentes de emisión similares a las de este estudio y en las que la metodología empleada no difiere en gran medida, coinciden las actividades que mayor impacto ambiental provocan.
- IV. En la comparativa que se ha hecho entre la UPCT, la UV y la USC, desde el punto de vista porcentual, la Huella de Carbono de la Universidad Politécnica de Cartagena por categorías se aproxima más a la de la Universidad de Valencia (2010) que a la de la Universidad de Santiago de Compostela (2007). Sin embargo, la Huella de Carbono per cápita de la Universidad de Santiago de Compostela (1,00501 ton CO₂ por miembro de la comunidad universitaria) se aproxima mucho a la de la Universidad

Politécnica de Cartagena (1,07086 ton CO₂ por miembro de la comunidad universitaria).

- V. Para neutralizar el impacto de la UPCT se han analizado tanto medidas correctoras, evitando la emisión de CO₂ a la atmósfera por medio de acciones de ahorro y eficiencia energética, como compensatorias, mediante un proyecto de captación de CO₂ mediante limoneros. Se trata de medidas viables que paliarían los efectos negativos que la actividad de la UPCT tiene sobre el medio ambiente.

- VI. Una Memoria Ambiental anual de la UPCT a disposición de la sociedad, como la que poseen muchas universidades españolas, permitiría estudiar la evolución y los logros ambientales llevados a cabo por la universidad, sirviendo como herramienta para tomar medidas de forma más coherente en futuras ocasiones. Además, se vería reforzada la responsabilidad social corporativa y la imagen de transparencia que pretende tener la universidad como organismo público que es. Así mismo, se lograría la concienciación de la comunidad universitaria y, por extensión, de la sociedad en general.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAÍN SÁNCHEZ, R.; GÓMEZ RODRÍGUEZ, M.; MARRAUD, G. y ROMÁN GEADA, M. Aportaciones al estudio de la sostenibilidad bibliotecaria: las emisiones de CO₂ del servicio de apertura de fin de semana de la biblioteca de la Universidad de Vigo [en línea]. *Anales de Documentación*, 2014, vol. 17 (1) [consulta: 20 agosto 2014]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.6018/analesdoc.17.1.183881>
- CALDERÓN, M.; MANTILLA, N.; RESTREPO, J.; NELLY BUITRAGO, O.; CAJICÁ, G.; SIERRA CÁRDENA, D. C.; BURGOS SALCEDO, J. D.; ÁLVAREZ ESPINOSA, A. C. Huella de carbono – 2012 [en línea]. Universidad de Santander [consulta: 5 mayo 2014]. Disponible en:
http://www.udesverde.com/PDF/Info_HC.pdf
- CARBAJAL, M.; MOTA, C.; ALCARAZ-LÓPEZ, C.; IGLESIAS, M.; MARTÍNEZ-BALLESTA, M.C. Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. 2010. En: *Etiquetado de carbono en las explotaciones y productos agrícolas. La iniciativa agricultura murciana como sumidero de CO₂*. Conserjería de Agricultura y Agua: Murcia. Págs. 65-91.
- CARBALLO PENELA, A.; GARCÍA-NEGRO, M. C.; DOMÉNECH QUESADA, J.L. El MC3 una alternativa metodológica para estimar la Huella Corporativa del Carbono (HCC) [en línea]. España: *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 2009, 2 (5) [consulta: 15 junio 2014]. Disponible en:
<http://www.eumed.net/rev/delos/05/pnq.htm>
- CÁRDENAS PAIZ, C.; PEINADO MUÑOZ, A.; MORA CASADO DE AMEZÚA, A.; MORENO HUESO, L. La huella ecológica de la UGR [en línea]. Universidad de Granada [consulta: 5 mayo 2014]. Disponible en:

http://dcab.ugr.es/pages/unidad_calidad_ambiental/huellaecologica/

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 1994 [consulta: 8 mayo 2014]. Disponible en:
http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/doc_ncc_un_convencion.aspx#para2
- Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias. Gobierno de Aragón.
- DOMÉNECH, J.L., 2004a. Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. *Puertos* (114): 26-31.
- DOMÉNECH, J.L., 2004b. La huella ecológica empresarial: el caso del puerto de Gijón. Madrid, VII Conferencia Internacional de Medio Ambiente.
- DOMÉNECH, J.L. Huella ecológica y desarrollo sostenible. AENOR, 2007. 400 pág. ISBN: 9788481435177.
- FOESA (2013). Guía para el cálculo de la huella de carbono en productos acuícolas. FOESA, Madrid, España [en línea]. Disponible en:
http://www.besana.es/sites/default/files/guia_huella_co2_web2.pdf
- Guía de Vehículos Turismo de venta en España, con indicación de consumos y emisiones de CO₂. Directiva Europea 1999/94/CE. Real Decreto 837/2002. IDAE, 2014.
- Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones.
- Guía Práctica Para El Cálculo De Emisiones De Gases De Efecto Invernadero (GEI). Oficina Catalana del Cambio Climático, 2013.

- Huella de Carbono. Balance de emisiones de CO₂. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), 2014.
- Huella Ecológica de la Universidad de Málaga, 2011 [en línea]. Universidad de Málaga [consulta: 5 mayo 2014]. Disponible en:
http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.aedc2250f6db83cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=ffc70219f560f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&lr=lang_es
- Informe de Huella de Carbono de la Universidad de Alcalá [en línea]. Universidad de Alcalá, 2011 [consulta: 5 mayo 2014]. Disponible en:
https://www.uah.es/sostenibilidad/docs/informe_huella_carbono.pdf.
- ISO/TS 14067:2013, Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication [en línea]. Switzerland: BSI Standards Publication, 2013 [consulta: 4 abril 2014]. Disponible en:
http://tbt.cqis.cn/TBTWEB/images%5CupFile%5C2013723%5Cupfile_36552.pdf
- JIMÉNEZ HERRERO, Luis M.; DE LA CRUZ LEIVA, José Luis; CARBALLO PENEDA, Adolfo; DOMENECH, Juan Luis. “Enfoques Metodológicos para el Cálculo de la Huella de Carbono”. Observatorio de Sostenibilidad en España (OSE).
- La Huella de Carbono. AEC (Centro Nacional de Información de la Calidad).
- LÓPEZ ÁLVAREZ, N.; BLANCO HERAS, D. Metodología para el cálculo de huella ecológica en universidades [en línea]. Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid, 2008 [consulta: 10 agosto 2014]. Disponible en:

http://www.premioconama.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf.

- OZAWA-MEIDA, L.; BROCKWAY, P.; LETTEN, K.; DAVIES, J.; FLEMING, P. 2013. Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production* 56: 185-198.
- Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Disponible en:
http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo_de_gei.pdf
- PUCHADES GALLART, M.; DE LA GUARDIA ANAYA, A.; ALBERTOS PUEBLA, J. M. La Huella de Carbono de la Universitat de València: Diagnóstico, Análisis y Evaluación [en línea]. Valencia: Cuad. de Geogr., 2011, 89 [consulta: 5 mayo 2014]. Disponible en:
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4061784.pdf>.
- Real Decreto 795/2010, de 16 de junio, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan. Boletín Oficial de Estado. ISSN: 0212-033X
- REGLAMENTO (CE) N° 1516/2007 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2007 por el que se establecen, de conformidad con el Reglamento (CE) n° 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, requisitos de control de fugas estándar para los equipos fijos de refrigeración, aires acondicionado y bombas de calor que contengan determinados gases fluorados de efecto invernadero. Diario Oficial de la Unión Europea.

- Reporte público - Cálculo de la Huella de Carbono. Universidad San Jorge [en línea]. Disponible en:
http://www.usj.es/sites/default/files/Huella%20de%20Carbono%20USJ_2011-12.pdf

- SIMMONS, C.; CHAMBERS, N. Footprinting UK Households: ¿how big is your ecological garden? 1998, *Local Environment*, 3, pág. 355-362.

- WACKERNAGEL, M.; REES, W. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. 1996. Canada. ISBN 1-55092-251-3.

- WACKERNAGEL, M; EWING, B.; MOORE, D.; GOLDFINGER, S.; OURSLER, A.; REED, A. 2010. *The Ecological Footprint Atlas 2010*. Oakland: Global Footprint Network.

- WIEDMANN, T.; MINX, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. En: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends: Capítulo 1*, p. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.

ANEXO II: Fuente de los Factores de Emisión.

Categoría	Fuente	Referencia Web
Consumo de Gas natural	Estrategia aragonesa de cambio climático y energías limpias. ANEXO IV. EJEMPLO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE ACCIÓN	http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/MedioAmbiente/Areas/03_Cambio_climatico/04_Estrategia_Cambio_Climatico_Energias_Limpias/681EJEMPLO.pdf .
Emisiones Fugitivas de HFC	Reporte público Cálculo de la Huella de Carbono. Universidad San Jorge	http://www.usj.es/sites/default/files/Huella%20de%20Carbono%20USJ_2011-12.pdf .
Consumo de Electricidad	Red Eléctrica de España	http://www.ree.es/es/sala-de-prensa/fotonoticias/2014/01/las-emisiones-de-co2-asociadas-la-generacion-electrica-en-el
Consumo de Papel	“Guía para la Elaboración de un Plan de Acción”. Sistema de Adhesión a la EACCEL	http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/MedioAmbiente/Documentos/Areas/CambioClim%C3%A1tico/EstrategiaAragonesaCambioClim%C3%A1ticoEnerg%C3%ADasLimpiasEACCEL/Sistema%20de%20adhesi%C3%B3n/702_GU%C3%8DAEACCEL.pdf .
Movilidad: Autobús	GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI). Versión de marzo de 2013. Oficina Catalana del Cambio Climático	http://www20.gencat.cat/docs/canvclimatic/Home/Politiques/Politiques%20catalanes/La%20mitigacio%20del%20canvi%20climatic/Guia%20de%20calcul%20demissions%20de%20CO2/120301_Guia%20practica%20calcul%20emissions_rev_ES.pdf .
Movilidad: Tren	GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI). Versión de marzo de 2013. Oficina Catalana del Cambio Climático	http://www20.gencat.cat/docs/canvclimatic/Home/Politiques/Politiques%20catalanes/La%20mitigacio%20del%20canvi%20climatic/Guia%20de%20calcul%20demissions%20de%20CO2/120301_Guia%20practica%20calcul%20emissions_rev_ES.pdf .
Movilidad: Automóvil	Universidad de Santiago de Compostela	http://www.premioconama.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf .
Vehículos Propios UPCT	Guía de Vehículos Turismo de Venta en España, con indicación de Consumos y Emisiones de CO ₂ . IDAE.	http://www.idae.es/coches/index1.asp
Consumo de Agua	LA HUELLA DE CARBONO DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA: DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4061784.pdf .
Generación de Residuos	REDIAM (Red de Información Ambiental). Huella Ecológica de la Universidad de Málaga, 2011.	http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.aedc2250f6db83cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=ffc70219f560f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&lr=lang_es
	La huella ecológica de la UGR	http://dcab.ugr.es/pages/unidad_calidad_ambiental/huellaecologica/! .

