



Huella Ambiental y Huella de Carbono: Análisis de Impactos y Estrategias de Mitigación

MÁSTER en MEDIO AMBIENTE, SOSTENIBILIDAD y ODS

Leioa, 15 de diciembre 2025

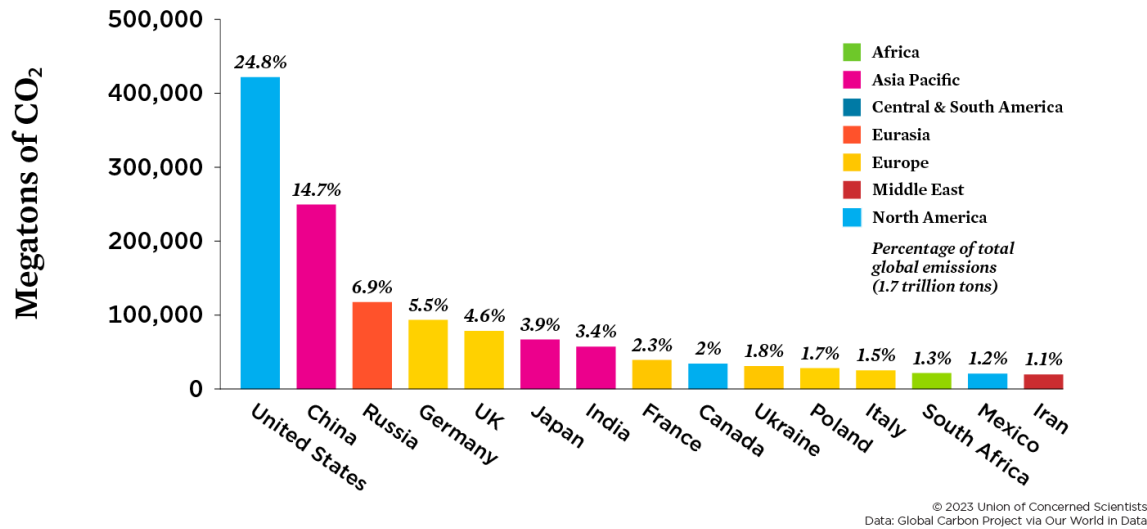
- 1. Presentación**
- 2. Introducción**
- 3. Breve repaso sobre Gases de Efecto Invernadero (GEI)**
- 4. Introducción al Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**
- 5. El ACV**
- 6. La Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida (EICV)**
- 7. Ejemplos de ACV**
- 8. Ejercicio sobre un ACV simplificado**
- 9. Huella de Carbono de un Producto**
- 10. Huella de Carbono Corporativa**
- 11. Huella Ambiental de la EHU**
- 12. Elaboración de estrategias de mitigación**

¿Qué entendemos por Huella Ambiental?

¿Qué entendemos por Huella de Carbono?

2. Introducción

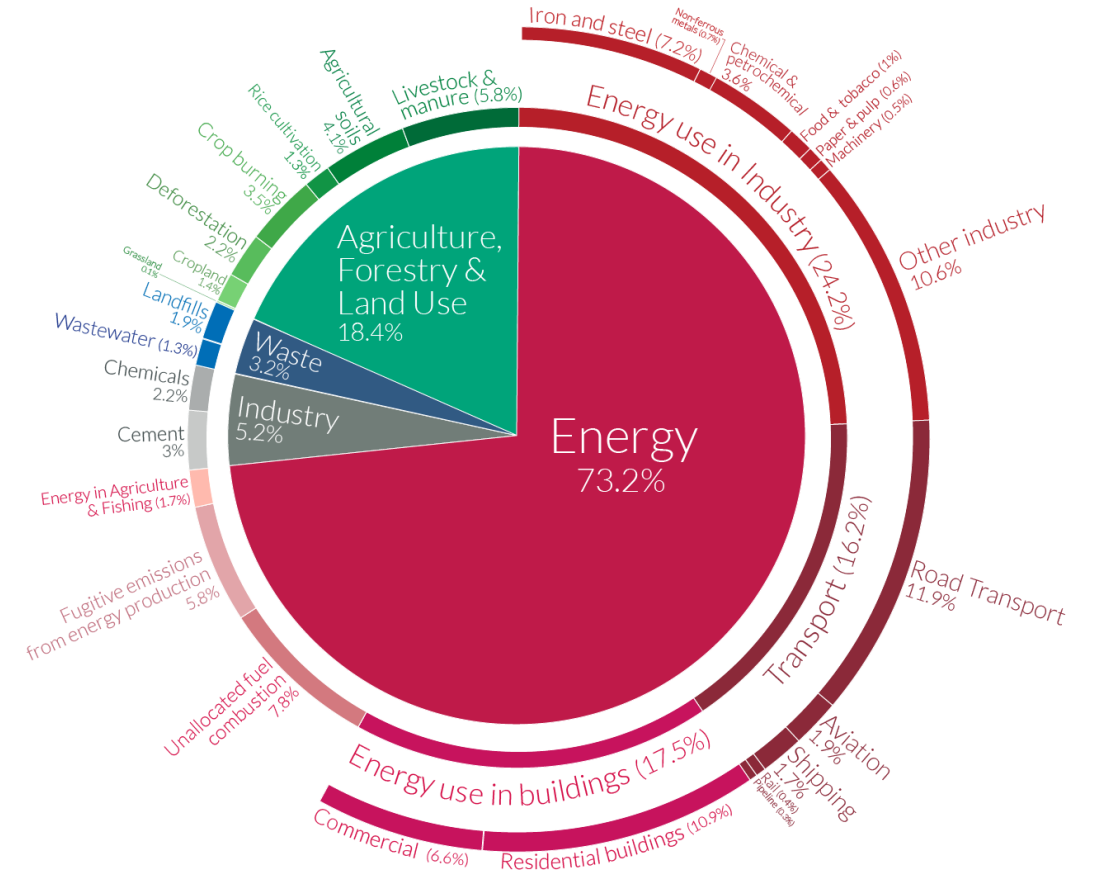
Top CO₂ Emitting Countries, 1750-2021
(from fossil fuels and cement)



Global greenhouse gas emissions by sector

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO₂eq.

Our World
in Data



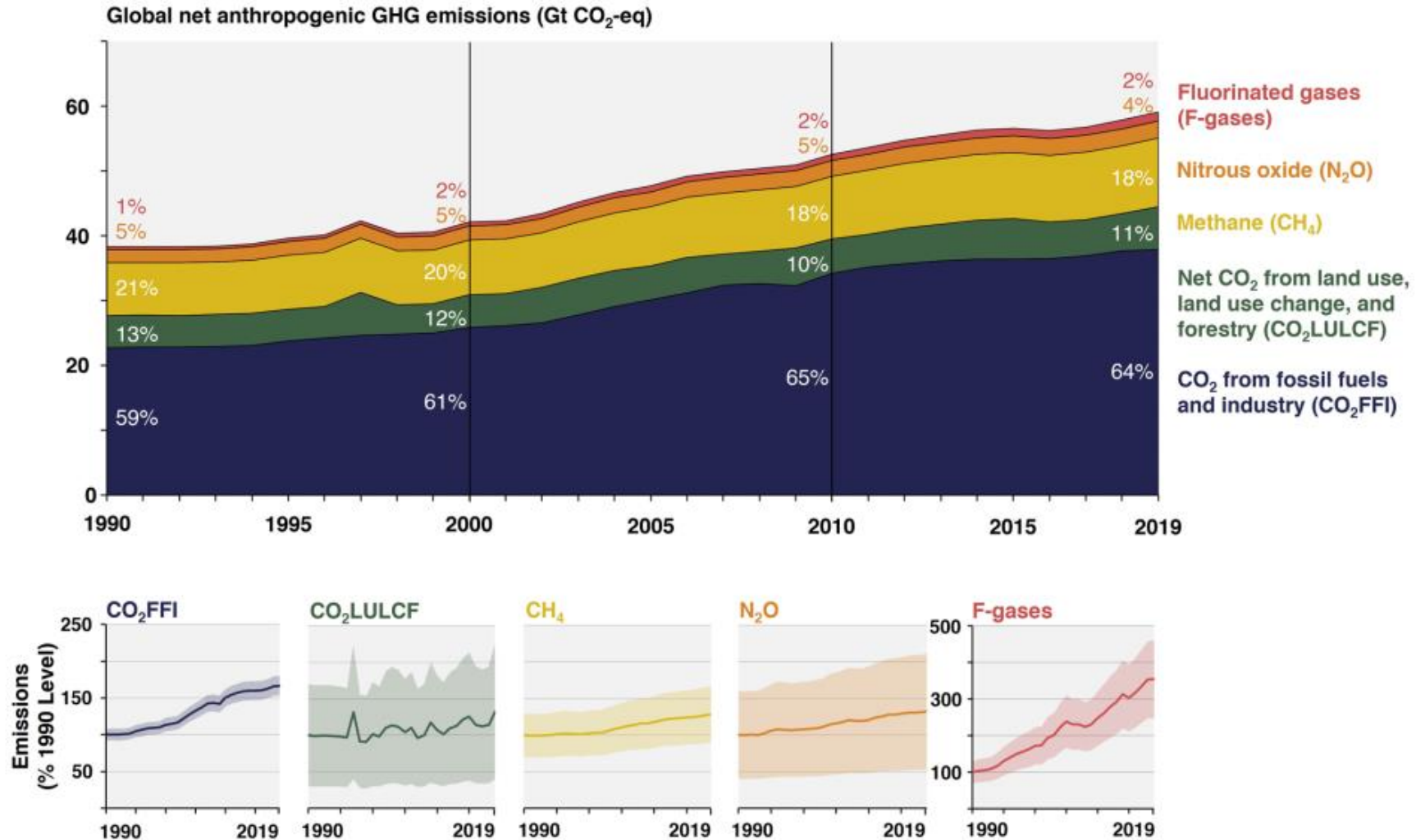
OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

¿Qué tipo de emisiones son?

2. Introducción



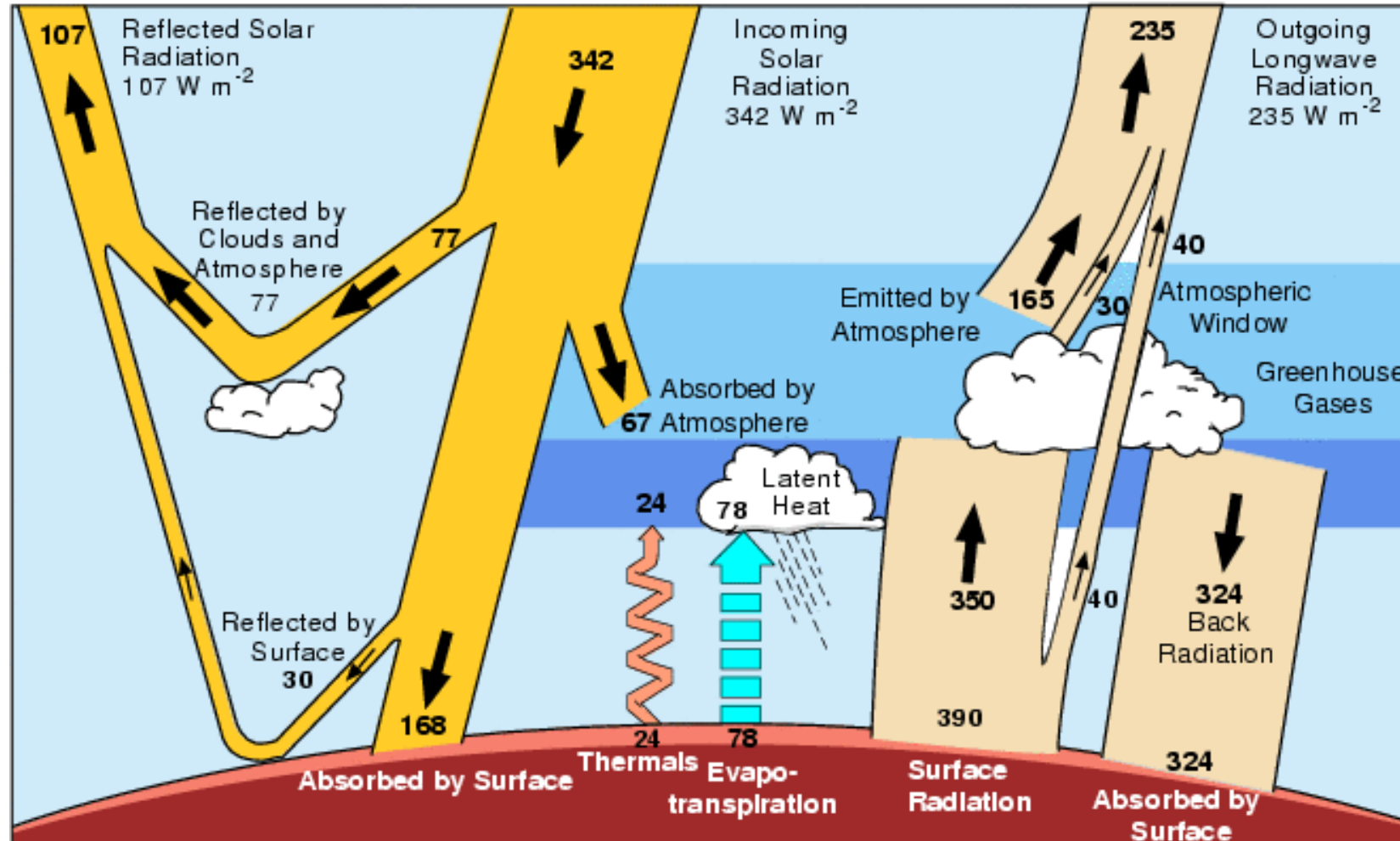
Source: Data from IPCC (2022); Based on global emissions from 2019, details on the sectors and individual contributing sources can be found in the *Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Mitigation of Climate Change, Chapter 2*.

3. Breve repaso sobre los GEI

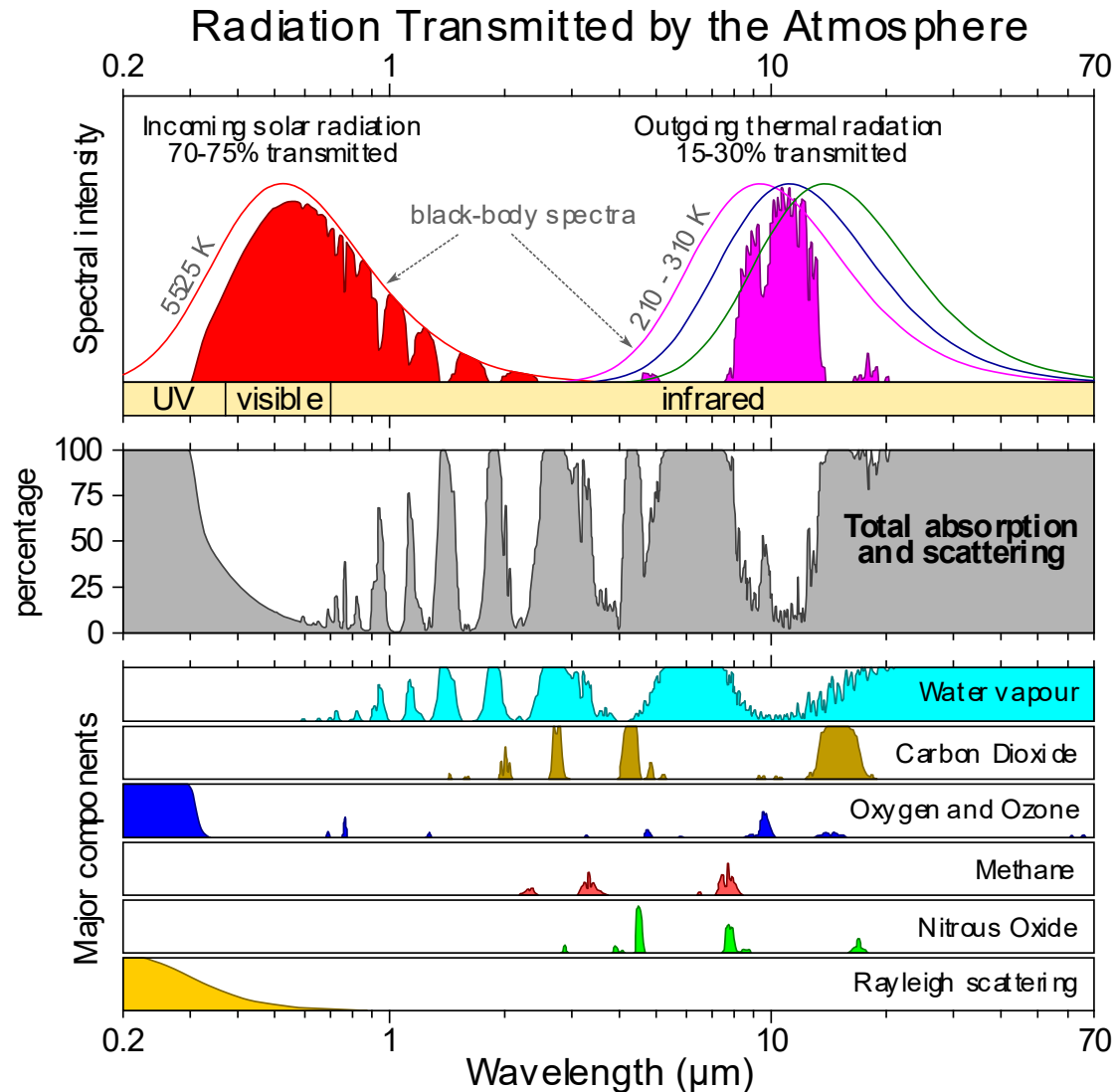
Balance Energético Global

Global Heat Flows

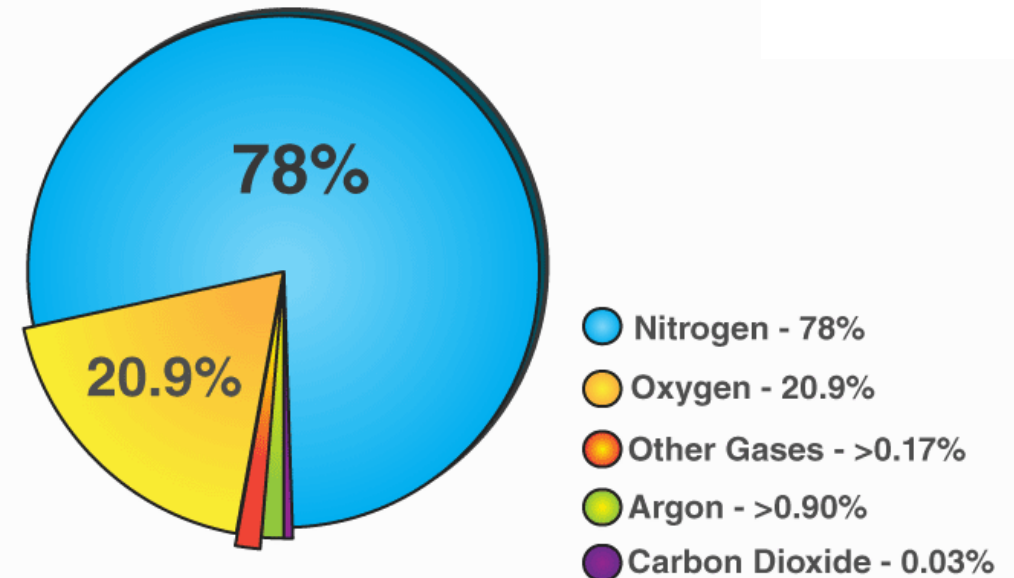
$2 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1} \sim 1370 \text{ Wm}^{-2}$
 $1370 \times (\pi R^2) / (4\pi R^2) = 342 \text{ Wm}^{-2}$
 Promedio día-noche todo el año



Radiación Transmitida por la Atmósfera



COMPOSITION OF AIR



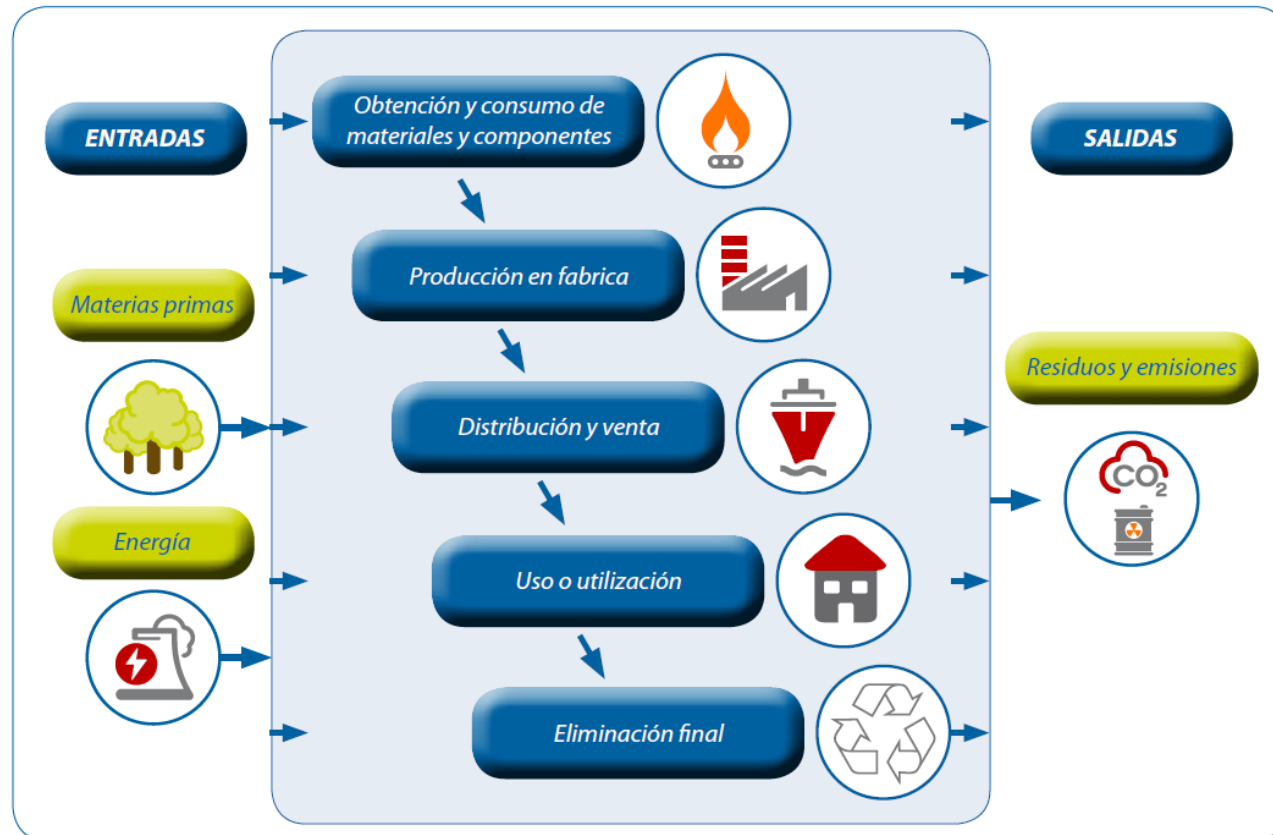
3. Breve repaso sobre los GEI

¿Qué fuentes de GEI identificáis en vuestra vida cotidiana?

Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

4. Introducción al ACV

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una **herramienta metodológica** que sirve para **medir el impacto ambiental** de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida → desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida. La principal característica de esta herramienta es su **enfoque holístico**: es necesaria la **integración total de todos los aspectos que participan**; de ahí el concepto de tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema.



Según la ISO 14040:

Ciclo de Vida:

Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.

4. Introducción al ACV

Según la ISO 14040 un “**Producto**” es “**Cualquier bien o servicio**”:

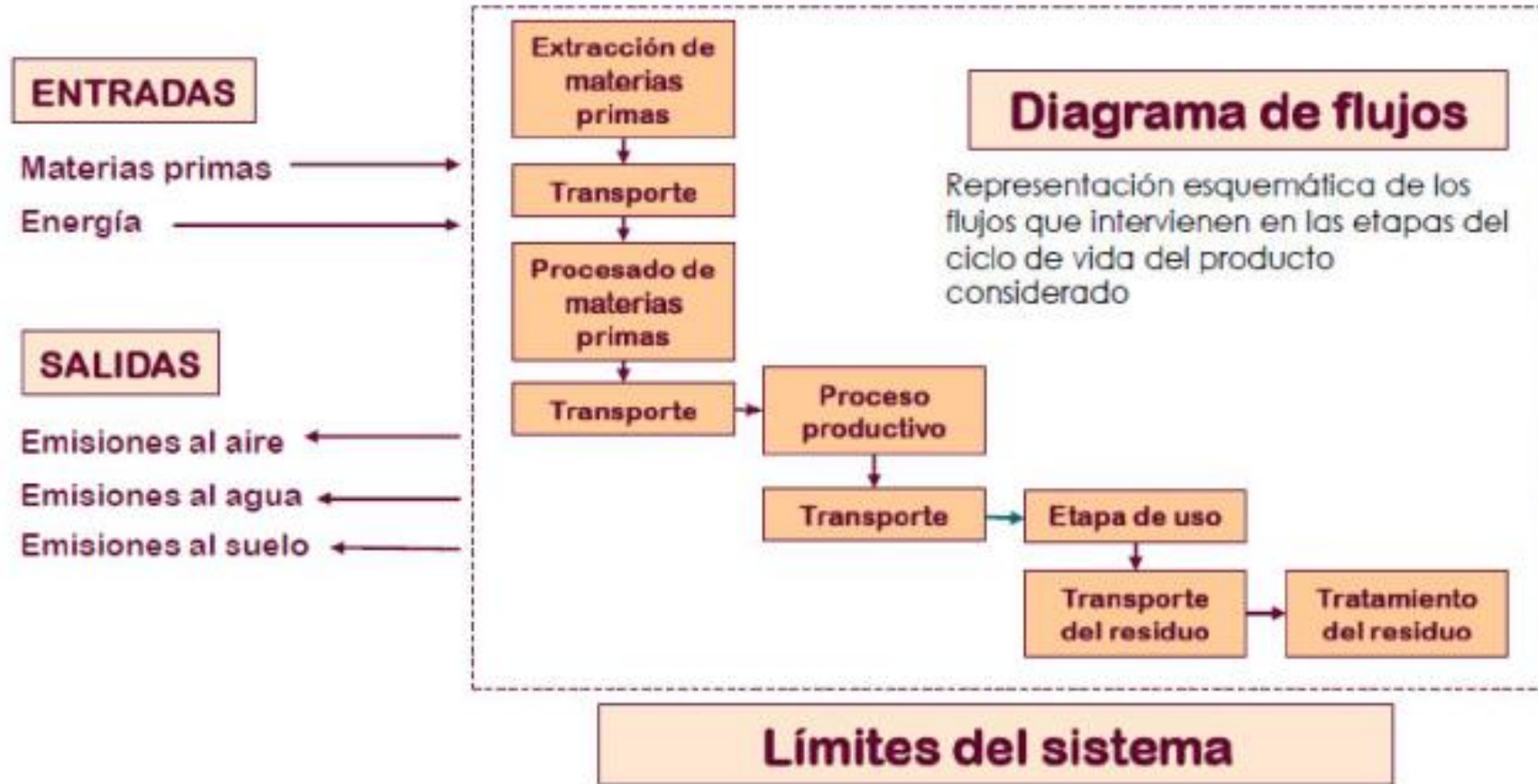
- Nota 1: El **producto** se puede categorizar como sigue:
 - Servicios (p. ej. transporte);
 - Software (p. ej. programas informáticos, diccionario);
 - Hardware (p. ej. parte mecánica de un motor);
 - Materiales procesados (p. ej. lubricante).
- Nota 2: Los **servicios** tienen elementos **tangibles e intangibles**. La prestación de un servicio puede implicar, por ejemplo, lo siguiente:
 - Una actividad realizada sobre un producto tangible suministrado por el cliente (p. ej. Reparación de un automóvil)
 - Una actividad realizada sobre un producto intangible (p. ej. la declaración de la renta)
 - ...

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) **según la ISO 14040** es la: ***"Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida"***. Por tanto, esto implica **recopilar y analizar los flujos de entrada y salida desde y hacia la naturaleza** con el fin de obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales.

- ❑ **Inputs (flujos de entrada)**: Productos, materiales o energía que entran en una unidad de proceso, es decir, materias primas, energía y productos intermedios.
- ❑ **Outputs (flujos de salida)**: Productos, materiales o energía que sale de una unidad de proceso, es decir, emisiones atmosféricas, aguas residuales, residuos sólidos, coproductos y otras salidas.

La recopilación de información se denomina **Inventario de Ciclo de Vida (ICV)**, y es a menudo la **fase más laboriosa** en la elaboración de un ACV. De acuerdo con la ISO 14040 es la: "Fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida."

5. El ACV



Esquema general de un ACV

Enfoques, aplicación y metodología del ACV

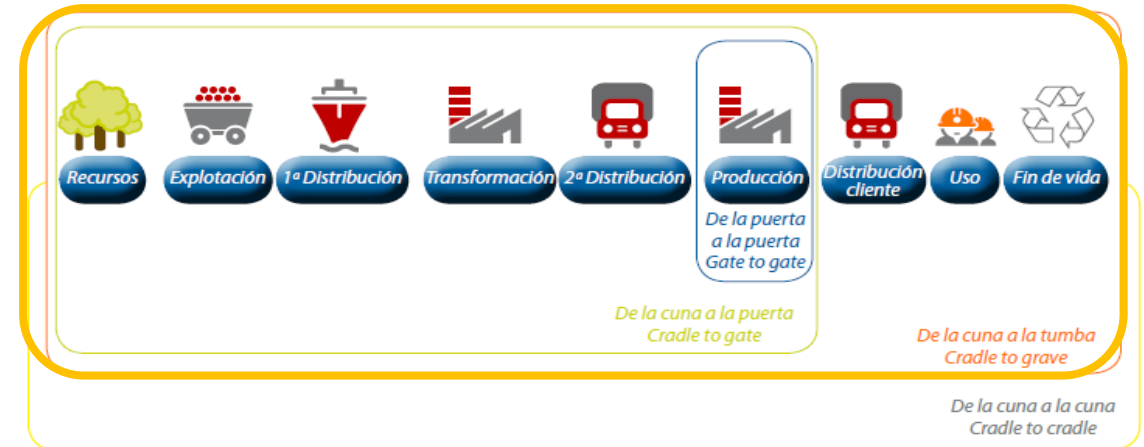


Terminología relacionada con el alcance de un ACV

5. El ACV

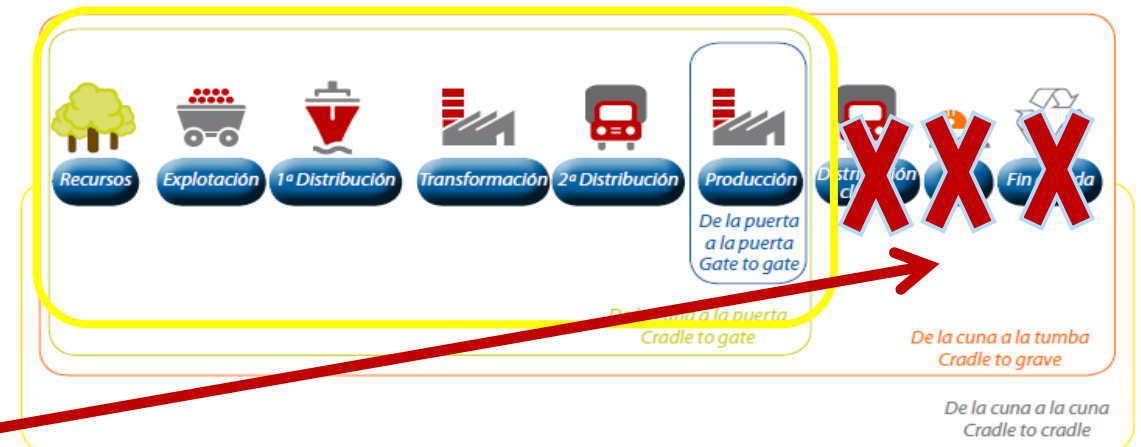
Enfoques, aplicación y metodología del ACV

De la cuna a la tumba: Se trata del ACV completo que va desde la extracción de recursos hasta la fase de fin de vida. Considera todo lo que va desde la extracción de materias primas hasta el desecho del producto. Se trata de un proceso holístico.



Terminología relacionada con el alcance de un ACV

De la cuna a la puerta: Se trata de un ACV parcial que incluye desde la extracción de recursos hasta la organización, antes de que sea distribuido al cliente. Se omiten las fases de uso y de desecho.



Terminología relacionada con el alcance de un ACV

Enfoques, aplicación y metodología del ACV

De la puerta a la puerta: Se trata también de un ACV parcial y sólo se fija en el valor añadido otorgado por la organización que produce un producto u ofrece un servicio.



De la cuna a la cuna: Se trata de un análisis de ciclo cerrado, donde el fin de vida del producto es el inicio de otro, como por ejemplo el reciclaje de un producto.



Enfoques, aplicación y metodología del ACV

•Aplicaciones internas (dentro de la organización):

- Desarrollo y mejora de producto
- Gestión del desempeño ambiental
- Toma de decisiones estratégica

•Aplicaciones externas (los resultados se utilizan para informar fuera de la organización):

- Desarrollo de políticas y legislación
- Comunicación con consumidores y partes interesadas
- Marketing del producto o del servicio

El ACV es el único método robusto capaz de determinar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida. Sin embargo, tiene sus limitaciones:

- Resulta un método que puede ser **complejo y laborioso** (mucho tiempo). Esto se debe a la cantidad de información que hay que recopilar y a la compleja metodología.
- Sólo considera los **impactos ambientales** de un producto o servicio, pero **no cubre los aspectos económicos y sociales**. Por lo tanto, el ACV se debería de usar como un ingrediente más a la hora de la toma de decisiones, valorando las contrapartidas en coste y desempeño, en la gestión del ciclo de vida.
- Comienzan a incorporarse **Bases de Datos (BBDD)** que incorporan los aspectos e impactos **económicos y sociales**.

Los resultados del ICV se utilizan en la fase del análisis del ciclo de vida dirigida a **conocer y evaluar** la **magnitud** y cuán **significativos** son los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todo el ciclo de vida del producto, es decir, en la **Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV)**.

Algunas definiciones más antes de analizar cómo realizar un ACV:

- **Unidad funcional:** Desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como **unidad de referencia**.
- **Aspecto ambiental:** elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente (p. ej. uso de agua, emisiones de una caldera, consumo de materiales)
- **Coproducto:** Cualquier producto de entre dos o más productos provenientes del mismo proceso unitario o sistema del producto.
- **Flujo elemental:** Materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.
- **Flujo de energía:** Entrada o salida de un proceso unitario o un sistema del producto, expresada en unidades de energía.

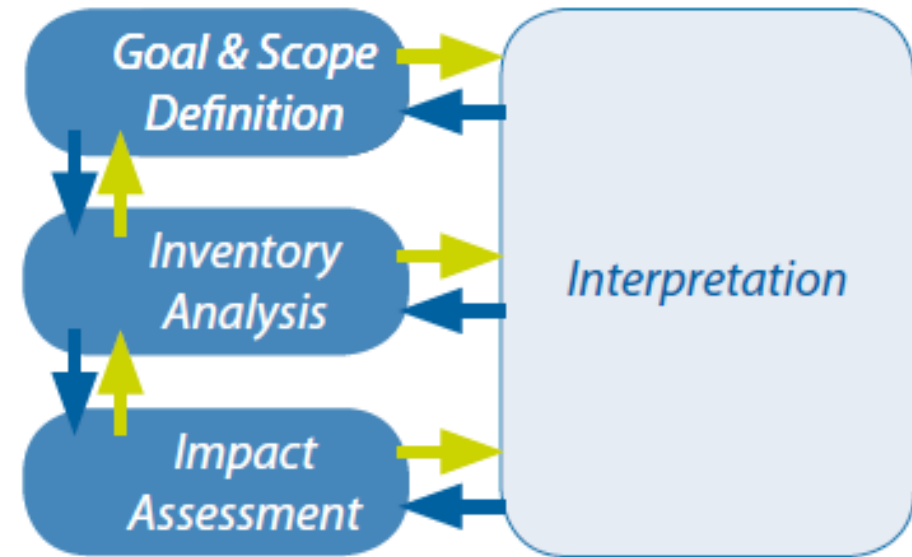
5. El ACV

Esquema de un ACV según la ISO 14040:

Definición de Objetivos y Alcance: Define el objetivo y el uso previsto del estudio, así como el alcance de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, la calidad exigida a los datos, y los parámetros tecnológicos y de evaluación.

•**Análisis y desarrollo del Inventario de Ciclo de Vida (ICV):** Es la fase del ACV en la que se recogen los datos correspondientes a las entradas y salidas del ciclo de vida del producto: como energía y materias primas; productos, coproductos y residuos generados; emisiones al aire, y otros aspectos ambientales.

•**Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV):** Es la fase del ACV en la que el inventario de entradas y salidas es traspasado a indicadores de potenciales impactos ambientales al Medio Ambiente, a la salud humana y a la disponibilidad de recursos naturales.



•**Interpretación:** Es la fase del ACV en la que los resultados del ICV y el EICV son interpretados de acuerdo al objetivo y alcance marcados inicialmente. En esta fase se realiza un análisis de los resultados y se extraen las conclusiones del análisis.

La Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida (EICV), es el núcleo central del ACV y representa una parte crítica del mismo.

Es la fase del ACV dirigida a conocer y evaluar la **magnitud y la significancia** de los impactos ambientales potenciales de un sistema. Las etapas en que se divide la evaluación son:

1. Selección y definición de las categorías de impacto.

2. Clasificación.

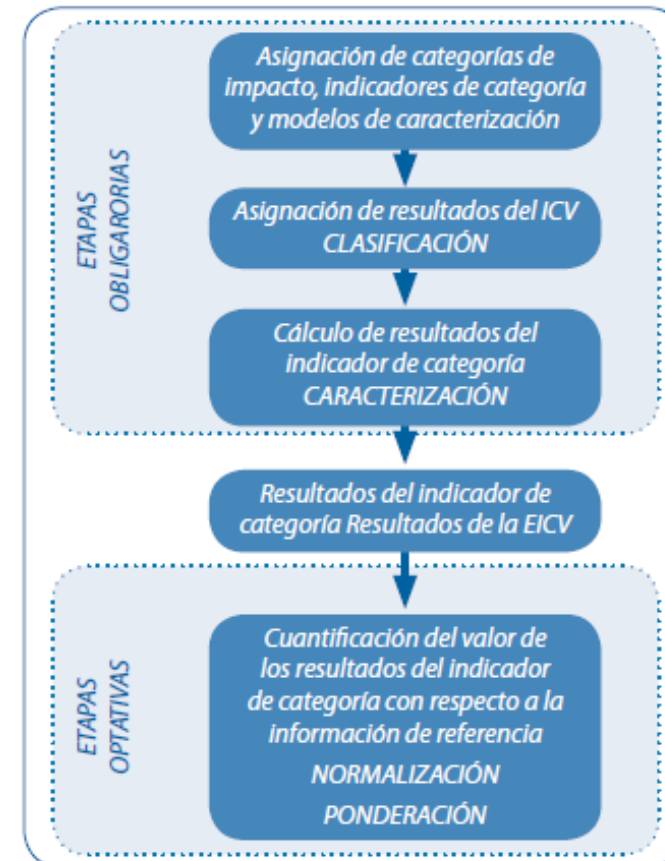
3. Caracterización.

4. Normalización

5. Agrupación

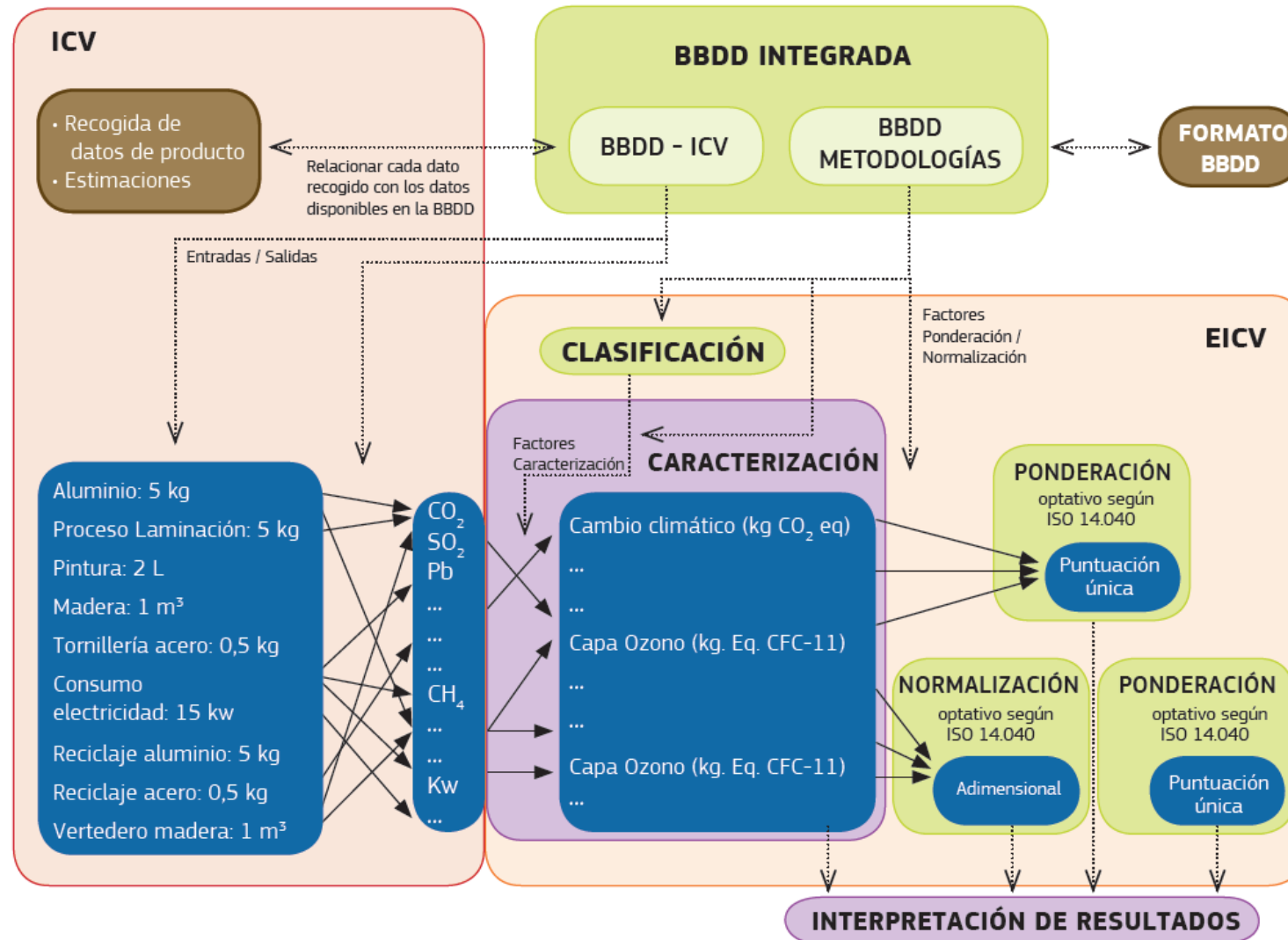
6. Ponderación.

7. (Interpretación)



6. La EICV

Esquema resumen de las diferentes etapas de un ACV:



1. Selección y definición de las categorías de impacto

Los impactos pueden ser tanto **positivos como negativos**, y estos pueden impactar en la *salud humana, flora y fauna o disponibilidad futura de recursos naturales*.

2. Clasificación

El objetivo de clasificar los impactos es poderlos **combinar los resultados de un ICV en categorías**.

Por ejemplo, el CO₂ produce un único impacto, en **cambio climático**. Sin embargo, el NO₂ produce dos impactos, uno en **formación de ozono** y otro en **acidificación** de la atmósfera.

Existen multitud de categorías de impacto ambiental, y la selección de unas u otras en el ACV que se esté llevando a cabo dependerá del objetivo del estudio.

Dependiendo de la herramienta utilizada, se tendrá la capacidad de conocer los resultados hacia una o varias categorías de impacto ambiental, permitiendo evaluar la importancia de los impactos ambientales potenciales causados por las entradas y salidas relacionadas con el modelo del producto/servicio.

2. Clasificación

Categoría de impacto ambiental		Unidad de referencia
Cambio climático	Considera el impacto potencial de las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero sobre el calentamiento global en un horizonte temporal de 100 años.	kg CO ₂ eq
Agotamiento de la capa de ozono	Calcula el efecto destructivo de las emisiones de ciertos contaminantes sobre la capa de ozono estratosférica, considerando un horizonte temporal de 100 años.	kg CFC-11 eq
Formación de ozono fotoquímico	Expresa la contribución potencial a la formación fotoquímica de ozono en la zona de la troposfera, causando afecciones hacia la salud.	kg NMVOC eq
Acidificación	Describe el potencial de cambio en la acidez del terreno y de las masas de agua dulce, que se deriva de la deposición de ciertos contaminantes emitidos al aire.	molc H ⁺ eq
Eutrofización de agua dulce	Expresa el grado en el que los diferentes nutrientes emitidos a nivel europeo alcanzan masas de agua dulce y su capacidad para causar efectos de eutrofización.	kg P eq
Eutrofización marina	Expresa el grado en el que los diferentes nutrientes emitidos a nivel europeo alcanzan los océanos y su capacidad para causar efectos de eutrofización.	kg N eq
Eutrofización terrestre	Mide el efecto negativo de un exceso de nutrientes sobre los ecosistemas, capaz de dañar la flora y la fauna de la zona.	molc. N eq
Ecotoxicidad de agua dulce	Medida de la toxicidad ambiental sobre masas de agua dulce debido a diferentes emisiones.	CTUe
Partículas en suspensión	Estima los efectos potenciales sobre la salud humana que se derivan de las emisiones de partículas finas de polvo.	kg PM _{2.5} eq

2. Clasificación

Toxicidad humana	Expresa el incremento estimado en la morbilidad sobre la población debida a diferentes clases de emisiones sobre la naturaleza.	CTUh
Radiación ionizante hacia la salud humana	Estima los efectos de las emisiones radiactivas ionizantes sobre la salud humana.	kBq U ₂₃₅ eq
Uso de suelo	Hace referencia al déficit en la cantidad y calidad de suelo ocupado o transformado, basándose en cambios sobre la materia orgánica.	kg C déficit
Agotamiento de recursos minerales fósiles	Considera la destrucción de recursos minerales y fósiles, considerando la disponibilidad concreta del recurso.	kg Sb eq
Agotamiento de recursos hídricos	Análisis del uso de agua relacionado con la escasez local en diferentes países.	m ³ agua eq
Consumo de recursos energéticos renovables	Evalúa el consumo de recursos energéticos de origen renovable a lo largo del ciclo de vida del sistema analizado.	MJ
Consumo de recursos energéticos no renovables	Evalúa el consumo de recursos energéticos de origen no renovable a lo largo del ciclo de vida del sistema analizado.	MJ
Recipe	Contempla el efecto de diferentes emisiones y extracciones de recursos sobre una serie categorías de impacto ambiental, agregándolas en base modelos de daños para obtener un indicador único que representa el impacto ambiental global.	Ptos

3. Caracterización

Una vez que cada sustancia del ICV se ha asignada a **una o más categorías de impacto ambiental** a través de la clasificación, **se compara su valor con respecto a la sustancia de referencia de dicha categoría.**

Esto se lleva a cabo a través de los **factores de caracterización** de cada sustancia, y representan la **contribución de una sustancia a una determinada categoría de impacto** en relación con la sustancia de referencia en dicha categoría. **Cada sustancia es multiplicada por su correspondiente factor de caracterización.**

ICV	Calentamiento Global Kg eq CO ₂		Reducción Capa de Ozono Kg eq CFC-11	Acidificación Kg eq SO ₂
1 kg CO ₂	x 1	= 1	-	-
0,1 kg CH ₄	x 11	= 1,1	-	-
0,8 kg SO ₂	-	-	-	x 1 = 0,8
8x10 ⁻⁵ kg CFC-115	x 7.000	= 0,56	x 0,5 = 4x10 ⁻⁵	-
Caracterización (Ec'95)	2,66 Kg eq CO ₂		4x10 ⁻⁵ Kg. eq CFC-11	0,8 Kg. eq SO ₂

Valores de caracterización de diversas sustancias, en base a la metodología Ecoindicador 95.

Factores de Caracterización para la categoría de Calentamiento Global			
Sustancia		Factor de Caracterización - Kg eq. CO ₂	
		IPCC 2007	Ecoindicador 95
Dióxido de carbono	CO ₂	1	1
Metano	CH ₄	21	11
Óxidos nitroso	N ₂ O	298	270
Hidrofluoro-carbonos	CFCs	124 – 14.800	100-13.000
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	22.800	-

De este modo se pueden obtener valores con **unidades equivalentes**, los cuales pueden ser sumados para **medir la contribución de las sustancias a esa categoría de impacto.**

4. Normalización (opcional)

La normalización representa la conversión de los resultados de la caracterización a unidades globales neutras, dividiendo cada resultado por un factor de normalización. A través de estos factores se representa el grado de contribución de cada categoría de impacto sobre el problema medioambiental local en un momento concreto. Es adimensional.

5. Agrupación (opcional)

Corresponde con una clasificación de las categorías de impacto potencial en grupos de daño, que engloben las categorías según los efectos concretos que son capaces de causar hacia diferentes compartimentos.

6. Ponderación (opcional)

Consiste en una conversión de los resultados de los valores caracterizados (o normalizados si fuera el caso) a una unidad común y sumable, multiplicándolos por su factor de ponderación. Posteriormente se suman todos ellos para obtener una puntuación única total que representa el impacto ambiental del sistema, englobando diferentes categorías de impacto ambiental simultáneamente.

6. La EICV

Ejemplo de Normalización y Ponderación.

Impact Category	Unit	Impacts per m ² GFA	Normalisation Factors	Normalised Impact	Weighting Factor	Normalised and Weighted Impact
Climate change	kg CO2 equivalent	608.99	6960	0.0875	25%	0.0219
Stratospheric ozone depletion potential	kg CFC 11 equivalent	0.000049	0.0475	0.0010	0%	0.0000
Acidification potential of land and water	kg SO2 equivalent	4.69	38.7	0.1213	10%	0.0121
Eutrophication potential	kg PO4 equivalent	2.07	13.7	0.1511	10%	0.0151
Photochemical ozone creation potential	kg C2H4 equivalent	0.224	3.44	0.0651	10%	0.0065
Mineral depletion	kg Sb equivalent	0.0093	0.0627	0.1478	10%	0.0148
Fossil fuel depletion	MJ net calorific value	6473.06	1470000	0.0044	10%	0.0004
Net Use of Fresh Water	kg Fresh water Use	7.51	267	0.0281	25%	0.0070
Total, Normalised and Weighted Life Cycle Impact						0.0779

Algunos métodos de normalización:

Method	Normalisation sets
CML-IA	World 1990, 1995, 2000; EU28, 2000; EU25, 2000; West Europe, 1995; Netherlands, 1997
ILCD Midpoint	EU-27, 2010 (available soon)
IMPACT 2002+	Europe, 2000
ReCiPe	Europe, 2000; World, 2000
BEES+	USA, 1997
TRACI	US-Canada, 2008; US, 2008; Canada, 2008
USEtox	Europe, 2004; North America, 2002/2008

6. La EICV

Software y BBDD, importante diferenciar ambos:
-Algunos ejemplos más utilizados.

SimaPro Software

Desarrollador	PRé Consultants (Países Bajos)	Distribuidor	Lavola (España)
Coste	5.500 € – 14.300 €	Usuario	Experto
Bases de datos	Ecoinvent / Agrifootprint / ELCD / USLCI / Input-Output		
Resultados	Cualquier categoría de impacto ambiental		
Aplicabilidad	Estudios de ciclo de vida	LCA	✓
		LCC	✓
		SLCA	✓
		LCSA	✓
	Huellas	Huella carbono	✓
		Huella de agua	✓
		Huella ecológica	✓
		Huella ambiental	✓
	Proyectos de mejora	Ecodiseño	✓
		Economía circular	✓
	Comunicación	EPD	✓

OpenLCA Software

Desarrollador	Greendelta (Alemania)	Distribuidor	Greendelta
Coste	Gratuito	Usuario	Experto
Bases de datos	Ecoinvent / GaBi Databases / Agrifootprint / IDEA / SOCA / PSILCA / SHDB / Ökobaudat / Otras		
Resultados	Cualquier categoría de impacto ambiental		
Aplicabilidad	Estudios de ciclo de vida	LCA	✓
		LCC	✓
		SLCA	✓
		LCSA	✓
	Huellas	Huella carbono	✓
		Huella de agua	✓
		Huella ecológica	✓
		Huella ambiental	✓
	Proyectos de mejora	Ecodiseño	✓
		Economía circular	✓
	Comunicación	EPD	✓

BBDD de impactos sociales y económicos:



Info

Details

Documents

Based on the PSILCA database, the soca add-on covers social impacts on workers, local communities, entire societies, and value chain actors. It includes more than 70 social indicators related to 55 categories, such as Health and Safety aspects, Fair Salary, Child and Forced Labor, Migration, Corruption, and Fair Competition. The information is provided as risk-assessed indicators modeled as elementary output flows for every process in the ecoinvent database. For each activity, an activity variable—such as the required working time to produce the reference product—is calculated to measure and quantify the risks associated with each social indicator. Additional information, such as raw values, data quality, and "social aspects," complements the process-level documentation. Furthermore, definitions, risk evaluation schemes for each indicator, and sources are provided.

When added to the ecoinvent database – to all system models, soca complements the existing environmental and cost information with social aspects. This results in the first complete foundation for Life Cycle Sustainability Assessment, enabling users to combine Environmental and Social LCA and LCC using a single database for the same product system. As a result, different social or environmental hotspots due to varying life cycles or supply chains can be identified and addressed.

7. Ejemplos de un ACV

TELÉFONO MÓVIL

INFORMACIÓN TÉCNICA

El producto pesa 170,1 gr y está formado por los siguientes componentes:

- **Procesador.** Compuesto por 12,4 gr de componentes electrónicos, 6,5 gr de conectores y 20,6 gr de piezas de policarbonato.
- **Cámara.** Compuesto por 2,21 gr de círculos impresos, 1,48 gr de circuitos integrados y 7,13 gr de piezas de policarbonato.
- **Auxiliares.** Hace referencia a elementos como el micrófono, el dispositivo de vibración y los conectores. Este grupo está compuesto por 1,32 gr de circuitos impresos, 0,8 gr de imanes, 1,35 gr de circuitos integrados, 0,81 gr de conectores y 0,92 gr de un motor eléctrico para la función de vibración.
- **Pantalla.** La pantalla es de tipo LCD, con un peso de 40,75 gr En este componente también se incluyen 10,8 gr de policarbonato para su anclaje y 0,96 gr de circuitos impresos.
- **Batería.** La batería es de ion-Litio y pesa 38 gr.
- **Carcasa.** La carcasa exterior está formada por varias piezas de policarbonato con un peso total de 15,7 gr una pieza de poliuretano de 3,9 gr y pequeñas juntas de goma con un peso total de 0,5 gr.



Los componentes se fabrican en China y se transportan hasta Bizkaia en barco a lo largo de 14.875 Km. para proceder a su ensamblaje. Se ha considerado que los aspectos ambientales más relevantes de esta etapa son un consumo de alcohol de 0,74 gr por cada dispositivo usando para limpieza de componentes, y un consumo de electricidad de 2,69 kWh debido a la maquinaria en la planta de ensamblaje. La empresa adquiere electricidad con garantía renovable.

7. Ejemplos de un ACV

DISTRIBUCIÓN A CLIENTE

- El embalaje del producto está compuesto por una caja de cartón de 62 gr envuelta por un film de polietileno de 15,4 gr
- Como no se dispone información detallada de todos los clientes, se estima que el producto recorrerá una distancia de 149 Km. en camión hasta llegar al cliente, como promedio.

SUPUESTOS DE FUNCIONAMIENTO

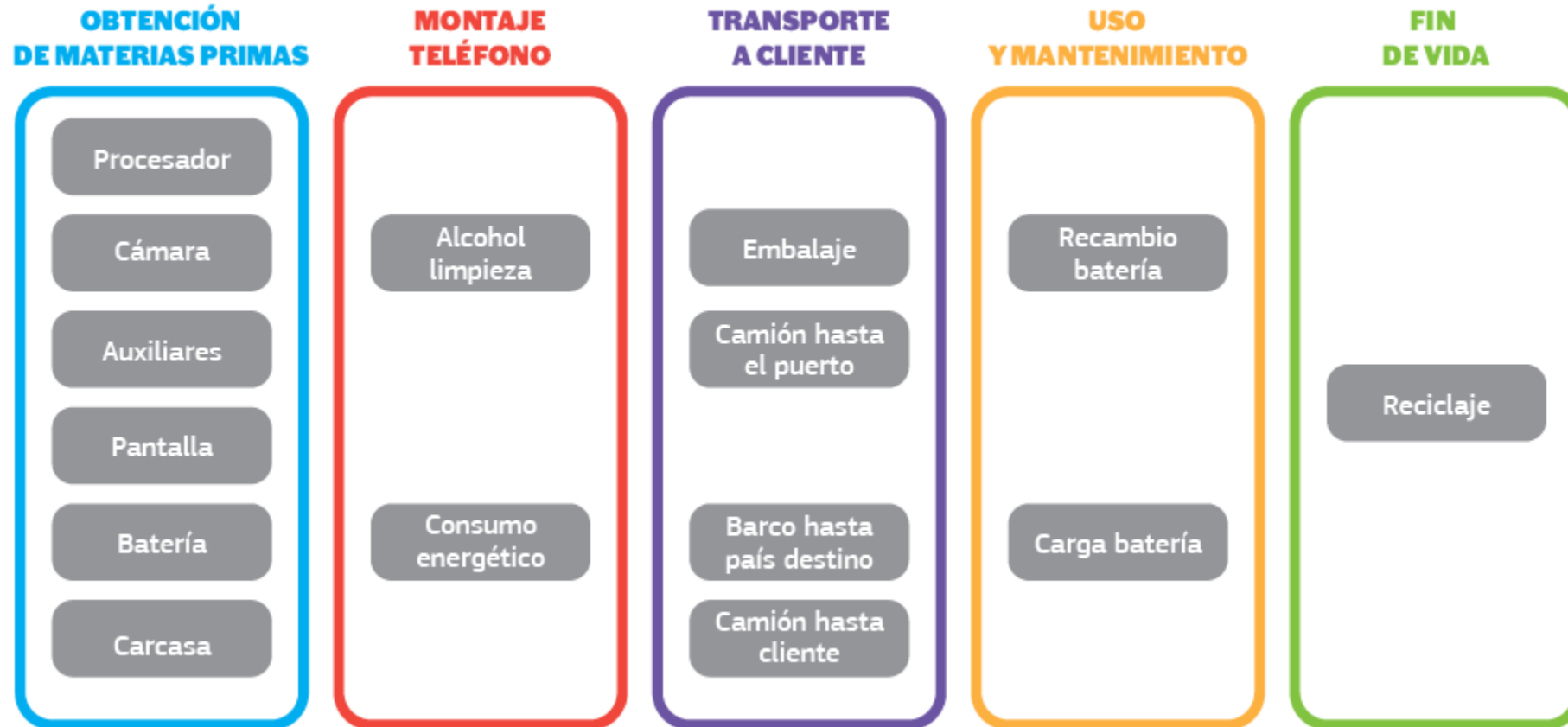
- En las condiciones normales de uso para las que ha sido diseñado el dispositivo, la vida útil estimada del producto será de 3 años.
- Tras 2 años de funcionamiento será necesario sustituir la batería del dispositivo ya que su capacidad habrá disminuido considerablemente.
- Considerando el grado de uso habitual que se espera del dispositivo, teniendo en cuenta el segmento de mercado al que está orientado y sus funciones, se ha calculado que el consumo de electricidad asociado a la carga de las baterías será de 4,93 kWh anuales.

ESCENARIO DE FIN DE VIDA

- Una vez alcanzado el final de su vida útil, se estima que el dispositivo será depositado en un establecimiento especializado, donde se enviará a reciclar. Todas las piezas del producto pueden ser recicladas debidamente tras su desensamblaje, excepto 4 gr de plásticos que serán depositados en un vertedero.
- Hasta llegar a su destino final, se estima que las piezas del teléfono móvil recorrerán una distancia de 1.480 Km., de los cuales un 25% se realizará en tren y el 75% restante en camión.

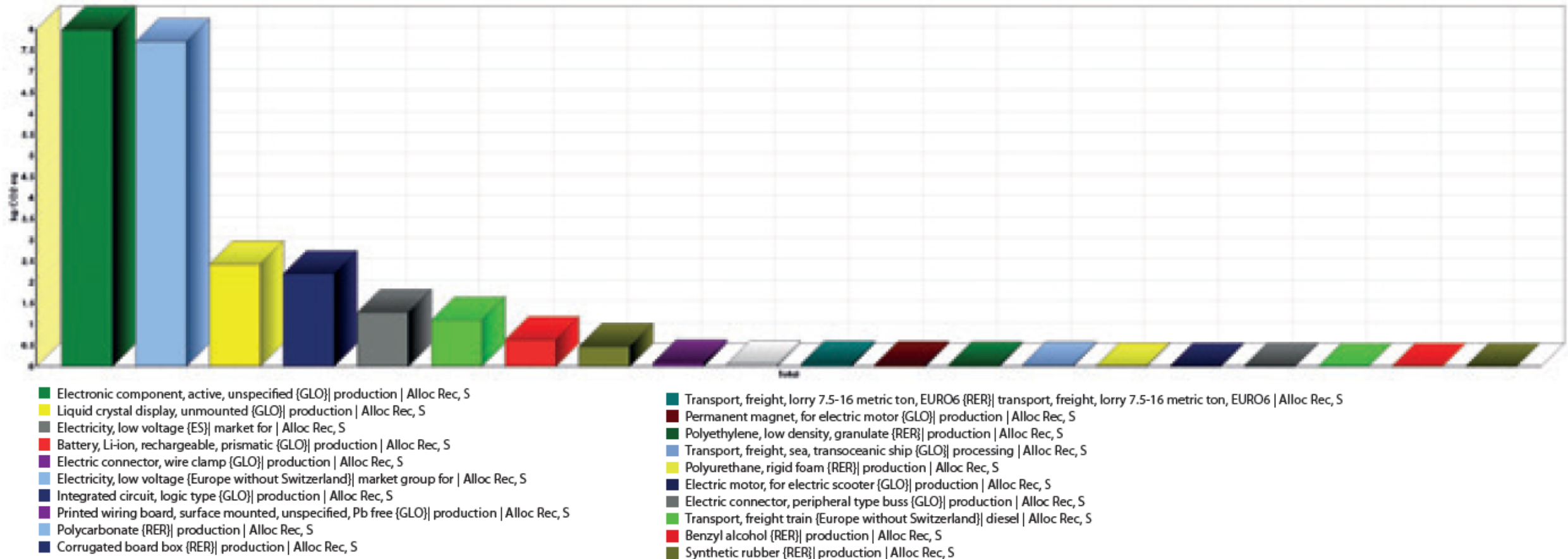
7. Ejemplos de un ACV

Modelo del ACV:



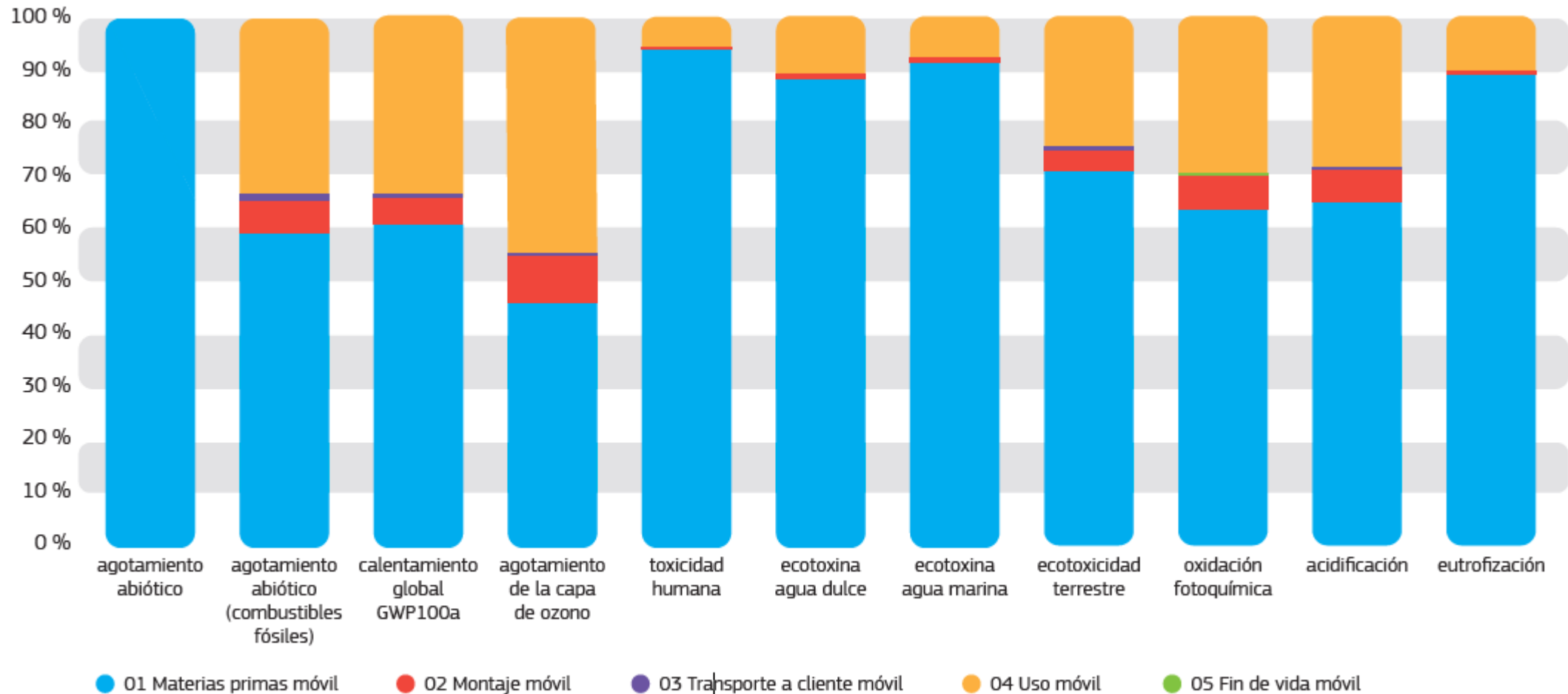
7. Ejemplos de un ACV

Resultados del ACV, categoría cambio climático / calentamiento global:



7. Ejemplos de un ACV

Resultados en función de la categoría de impacto:



8. Ejercicio sobre un ACV

Ejercicio: Vamos a realizar el ACV relacionado con la actividad docente de la sesión de hoy. En primer lugar, realizaremos el ICV, para ello, lo vamos a clasificar en 4 categorías de actividad, se podría incluir una 5ª categoría (alimentación):

- 1) Consumo energético (electricidad)
- 2) Consumo de materiales (ordenadores)
- 3) Producción de residuos ("basura")
- 4) Transporte

Tras el cálculo del ICV, aplicaremos los factores de impacto para determinar los impactos ambientales en distintas categorías. Determinaremos el objetivo y el alcance, huella unipersonal.

1) Consumo energético (electricidad)

¿Número de fluorescentes? ¿Consumo total? ¿Qué tipo de huella estamos calculando, individual/colectiva? ¿Localización geográfica?

Factores de impacto, **por kWh**:

- Global warming: 0,333 kg CO₂-eq / kWh
- Formación de partículas finas: 0,001 kg PM_{2,5} / kWh
- Toxicidad humana: 0,397 kg 1,4 DCB-eq / kWh (DCB: diclorobenceno)

2) Consumo de materiales

¿Número de ordenadores? ¿Tiempo de amortización, tiempo de uso?

Factores de impacto, **por ítem (7 años)**:

- Global warming: 0,068 kg CO₂-eq / día
- Formación de partículas finas: 0,000 kg PM_{2,5} / día
- Toxicidad humana: 0,400 kg 1,4 DCB-eq / día

3) Producción de residuos

¿Qué tipo de residuos generados? ¿Cuál es su destino o tratamiento?

Factores de impacto, **incineración de residuos:**

- Global warming: 0,521 kg CO₂-eq / kg residuos y día
- Formación de partículas finas: 0,000 kg PM_{2,5} / kg residuos y día
- Toxicidad humana: 4,770 kg 1,4 DCB-eq / kg residuos y día

4) Transporte

¿Qué tipo de vehículo usamos? ¿Vehículo privado o transporte público?

Factores de impacto, **automóvil**:

- Global warming: 0,333 kg CO₂-eq / km
- Formación de partículas finas: 0,0004 kg PM_{2,5} / km
- Toxicidad humana: 0,350 kg 1,4 DCB-eq / km

4) Transporte

¿Qué tipo de vehículo usamos? ¿Vehículo privado o transporte público?

Factores de impacto, **autobús**:

- Global warming: 0,109 kg CO₂-eq / persona y km
- Formación de partículas finas: 0,0002 kg PM_{2,5} / persona y km
- Toxicidad humana: 0,030 kg 1,4 DCB-eq / persona y km

8. Ejercicio sobre un ACV

Interpretación del ACV:

¿Qué actividad tienen mayor impacto en cada categoría?

<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

Huella de Carbono

9. Huella de Carbono de un producto

La **Huella de Carbono** de producto es la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se generan en cada una de las fases del ciclo de vida del producto (desde la extracción de las materias primas que lo componen hasta el destino al abandono del producto).

Existen en la actualidad diversas **normas, referenciales y guías para el cálculo de la Huella de Carbono** de productos, tanto generales como sectoriales, promovidas desde diversas instituciones públicas o privadas de reconocido prestigio. Por ejemplo, PAS 2050, GHG Protocol, **ISO 14067**, Protocolo Internacional del Vino, etc.

Esta **certificación**, por tercera parte, de las emisiones calculadas de Gases de Efecto Invernadero de producto, es el primer paso hacia otras posteriores con mayor beneficio medioambiental, como la reducción de las emisiones —vía proyectos de reducción— o la compensación de las mismas (que también implica indirectamente reducción, a través de proyectos que generan reducciones con las que compensar las emisiones).

Fuente: AENOR, <https://www.aenor.com/certificacion/medio-ambiente/huella-carbono-producto>

9. Huella de Carbono de un producto

Medición de la Huella de Carbono en las Empresas

Las verificaciones de producto/servicio para la medición de la Huella de Carbono pueden ser de **cuatro tipos**:

- **CO₂ Calculado:** acredita la veracidad del cálculo de la Huella de Carbono de un producto/servicio, es decir, el conjunto de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que genera un producto/servicio durante todo su ciclo de vida.
- **CO₂ Reducido:** la organización tiene que demostrar que en su producto/servicio se ha reducido respecto al año anterior y se concede su derecho de uso anualmente.
- **CO₂ Compensado:** En este caso se calculan las emisiones compensadas en sumideros de contaminación, las cuales serán restadas a las calculadas en la huella de carbono de producto/servicio.
- **Carbono Neutro:** se calcula la huella de carbono con los referenciales reconocidos internacionalmente, y siguiendo el orden jerárquico se lleva a cabo un Plan de reducción de emisiones, y las emisiones residuales se compensan a través de los mecanismos de compensación reconocidos. En este caso el referencial existente en la actualidad es la Norma PAS 2060:2014 (norma ISO en desarrollo).

Fuente: AENOR, <https://www.aenor.com/certificacion/medio-ambiente/huella-carbono-producto>

9. Huella de Carbono de un producto

Declaraciones ambientales de producto (DAP/EPD)

Las **Declaraciones Ambientales de Producto** (EPD, Environmental Product Declarations) son **ACV** realizados de acuerdo con unas reglas predefinidas.

Existen **programas de certificación de EPD**, los cuales especifican para diferentes tipologías o grupos de productos, una manera más detallada de llevar a cabo el ACV y la EPD, concediendo el uso de un **símbolo** que se añade al informe y que hace las funciones de certificado ambiental. Estos programas de certificación se crean de acuerdo con los requisitos establecidos para ello en la norma ISO 14025 y desarrollan reglas específicas para cada tipo de producto recogidos en unos documentos llamados **“Product Category Rules”** (PCR por sus siglas en inglés o Reglas de Categoría de Productos en castellano).

Estas **PCR** recogen los **datos necesarios mínimos a incluir en el estudio de ACV**, como la **metodología de cálculo de impactos ambientales** a utilizar, los **límites del sistema** del estudio de ACV, la **unidad funcional** del estudio y la **información ambiental** que se mostrará en la EPD.

9. Huella de Carbono de un producto

Declaraciones ambientales de producto (DAP/EPD)

De esta manera, las EPD son documentos que ofrecen, de **forma transparente y verificable por una tercera parte independiente**, información relativa al comportamiento ambiental del producto o servicio certificado en base a un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del mismo permitiendo, según lo que la propia norma ISO 14025 indica, la comparación entre productos, servicios o actividades que cumplen la misma función.



10. Huella de Carbono corporativa

La huella de carbono identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad; permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer, a partir de este conocimiento, medidas de reducción efectivas.

En primer lugar, cabe indicar que las emisiones asociadas a las operaciones de una organización se pueden clasificar como **emisiones directas o indirectas**.

- **Emisiones directas de GEI:** son emisiones de fuentes que son **propiedad de o están controladas por la organización**. De una manera muy simplificada, podrían entenderse como las emisiones liberadas in situ en el lugar donde se produce la actividad, por ejemplo, las emisiones debidas al sistema de calefacción si éste se basa en la quema de combustibles fósiles.
- **Emisiones indirectas de GEI:** son emisiones **consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes** que son propiedad de o están controladas **por otra organización**. Un ejemplo de emisión indirecta es la emisión procedente de la electricidad consumida por una organización, cuyas emisiones han sido producidas en el lugar en el que se generó dicha electricidad.

10. Huella de Carbono corporativa

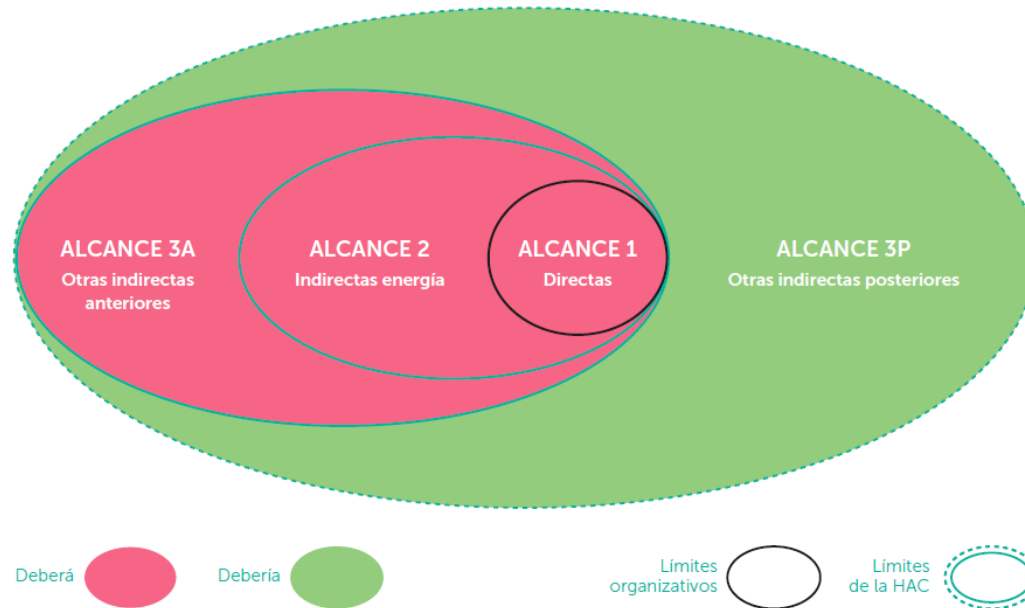
A su vez, estas emisiones directas e indirectas se clasifican para su mejor detección en **3 alcances**:

- **Alcance 1:** emisiones directas de GEI. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad de o están controladas por la entidad en cuestión. También incluye las emisiones fugitivas (p. ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH₄ de conductos, etc.).
- **Alcance 2:** emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- **Alcance 3:** otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo a través de medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

10. Huella de Carbono corporativa

Los límites de la **Huella Ambiental Corporativa (HAC)** o **Huella de Carbono Corporativa (HCC)** deberían incluir los tres alcances y por tanto utilizar una perspectiva de la cuna a la tumba. Es requisito **obligatorio contabilizar** todas las actividades directas (**Alcance 1**), las actividades indirectas del consumo de energía (**Alcance 2**) y otras actividades indirectas anteriores (**Alcance 3A**). Sin embargo, la consideración de otras actividades indirectas posteriores (**Alcance 3P**) aunque muy recomendable, es **opcional**.

La inclusión de las actividades y los impactos río abajo o de Alcance 3P está especialmente indicada para **aquellos productos que requieren de consumo energético o generan emisiones durante su uso**. **Cualquier exclusión debe justificarse convenientemente.**



Los **principales estándares de HCC** más reconocidos e implantados a nivel mundial son:

— Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol)

Desarrollado por World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales) y World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

— UNE-ISO 14064-1

De acuerdo con el GHG Protocol se desarrolla en 2006 la norma **ISO 14064** que se estructura en 3 partes. La ISO 14064-1 que especifica los principios y requisitos, a nivel de organización, para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de GEI. Las otras partes de esta norma se dirigen, por un lado, a proyectos sobre GEI específicamente diseñados para reducir las emisiones de GEI o aumentar la remoción de GEI (ISO 14064-2) y, por otro lado, a la validación y la verificación de los GEI declarados (ISO 14064-3).

— IPCC 2006 GHG Workbook

Una completa guía para calcular GEI provenientes de diferentes fuentes y sectores, y que incluye una detallada lista de factores de emisión. Esta guía se creó con el fin de servir de orientación para cuantificar las emisiones de GEI de los inventarios nacionales, pero puede ser de gran utilidad a la hora de calcular la huella de carbono de las organizaciones. Si no se dispone de factores de emisión específicos, el IPCC 2006 GHG Workbook proporciona factores de emisión genéricos que pueden servir para calcular la HCC de una organización.

Huella Ambiental Corporativa (o Institucional)

El ICV:

G. Bueno et al.

Journal of Cleaner Production 315 (2021) 128019

Table 4

Inventory of flows of energy consumption, material consumption, waste generation and transportation that support the academic activity of the UPV/EHU in 2016; strategy followed to collect the data, when not obtained by direct measurement (^B Service provider/Bills, ^S Survey/Interviews, ^P Projection from other faculties, ^G Educated guess). All figures provided are considered significant.

Concept	Unit	Leioa	EIB-Bilbao	Sarriko	Elkano	Donostia-San Sebastián	Eibar	Vitoria-Gasteiz
Users	Person	15,024	5,865	3,441	1,086	11,879	344	8,396
Energy resources								
Electricity	MWh	15,989	4,204	1,019	168	7,400	100 ^G	5,074
Natural gas	MWh	14,192	1985	2,194	178	8,834	0	7,727
Gas-oil	L	0	113,694 ^B	0	0	90 ^B	39,000 ^B	0
Material resources								
Water supply	m ³	116,963	23,718	9,925	1,085	27,979	350 ^G	19,045
Paper	kg	55,022 ^B	29,702 ^B	8,738 ^B	1,263 ^B	18,939 ^B	323 ^B	13,183 ^P
Computers	Units	1,161 ^G	643 ^G	235 ^G	59 ^G	977 ^G	46 ^G	545 ^G
Batteries	kg	421.5 ^B	65.8 ^B	80 ^B	14 ^B	81 ^B	4 ^G	185 ^B
Fluorescent lamps	Units	10,623 ^B	2,400 ^B	260 ^G	38	500 ^P	200 ^G	200 ^G
Toners	Units	1,083 ^G	277 ^G	214 ^G	150 ^G	661 ^G	40 ^G	803 ^G
Waste treatment								
Hazardous waste	kg	23,138 ^B	6,176 ^B	0	0	25,616 ^B	0	9,718 ^B
Light packaging waste	kg	21,622 ^B	3,856 ^G	3,634 ^G	3,744 ^G	5,060 ^G	1,200 ^G	2,996 ^G
Paper waste	kg	134,200 ^B	9,855 ^B	13,909 ^G	4,368 ^B	48,182 ^B	400 ^G	16,754 ^P
Glass waste	kg	2,171 ^B	300 ^G	300 ^G	0	621 ^G	0	1,647 ^G
Organic waste	kg	0	0	0	0	20,330 ^G	0	1,488 ^G
Residual waste	kg	222,000	60,613 ^G	50,504 ^G	12,480 ^G	19,534 ^P	4,000 ^G	80,126 ^P
WEEE	kg	10,704 ^B	3,500 ^B	1,907 ^B	900 ^B	2,352 ^B	3,000 ^G	2,080 ^B
Toner waste	Units	1,083 ^B	277 ^B	214 ^B	150 ^B	661 ^B	40 ^B	803 ^B
Fluorescent waste	kg	3,400 ^G	768 ^G	83 ^B	12 ^G	160 ^G	64 ^G	64 ^B
Sanitary wastewater	m ³	116,963 ^G	23,718 ^G	9,925 ^G	1,085 ^G	27,979 ^G	35 ^G 0	19,045 ^G
Transport								
Transport needs	× 10 ⁶ p-km	141.16 ^G	42.12 ^G	23.87 ^G	7.28 ^G	101.03 ^G	3.14 ^G	84.87 ^G

Resultados del ACV:

Table 5

Environmental impacts derived from the academic activity of the UPV/EHU, for each of the categories of CML and ReCiPe environmental assessment methods.

Method	Impact category	Unit	Impact	Impact/ user
CML	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-dichlorobenzene eq	$2.54 \cdot 10^5$	5.52
	Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	8.88	$1.93 \cdot 10^{-4}$
	Climate change*	t CO ₂ eq	$5.60 \cdot 10^4$	1.22
	Photochemical oxidation - high NO _x *	kg ethylene eq	$1.19 \cdot 10^4$	0.258
	Acidification potential	kg SO ₂ eq	$2.57 \cdot 10^5$	5.57
	Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	$7.31 \cdot 10^4$	1.59
	Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-dichlorobenzene eq	$1.20 \cdot 10^{11}$	$2.62 \cdot 10^6$
	Depletion of abiotic resources - fossil fuels	GJ	$7.57 \cdot 10^5$	16.4
	Human toxicity*	t 1,4-dichlorobenzene eq	$3.31 \cdot 10^4$	0.720
	Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves*	kg antimony eq	446	$9.69 \cdot 10^{-3}$
	Freshwater aquatic ecotoxicity*	t 1,4-dichlorobenzene eq	$2.97 \cdot 10^4$	0.645
	Human Health*	DALY (Disability Adjusted Life Year)	118	$2.56 \cdot 10^{-3}$
	Resources*	\$	$3.22 \cdot 10^6$	70.0
	Ecosystems*	species·yr	0.569	$1.24 \cdot 10^{-5}$
ReCiPe				

Resultados del ACV:

Table 9 Social impact results and corresponding risk level in each impact category for the Society stakeholder

Social impact results–society

Impact category	Social impact indicator	Reference value ^{x,y}	Result ^y	Risk level in relation to reference value risk level
Contribution to economic development	Public expenditure on education (G4)	5 ^{1,c}	3.85 ^d	↑
	Illiteracy rate, female (G4)	0.48 ^{1,a}	5.98 ^c	↑↑
	Illiteracy rate, male (G4)	0.23 ^{1,a}	4.18 ^c	↑↑
	Illiteracy rate, total* (G4)	0.36 ^{1,a}	5.84 ^c	↑↑
	Youth illiteracy rate, female (G4)	0 ^{1,a}	2.25 ^b	↑
	Youth illiteracy rate, male (G4)	0 ^{1,a}	2.2 ^b	↑
	Youth illiteracy rate, total (G4)	0 ^{1,a}	2.22 ^b	↑
Health and safety	Health expenditure, external resources (G3)	0 ^{1,a}	1.97 ^a	≡
	Health expenditure, out-of-pocket (G3)	29.73 ^{1,c}	27.87 ^c	≡
	Health expenditure, public (G3)	70.27 ^{1,b}	67 ^b	≡
	Health expenditure, total (G3)	8.7 ^{1,c}	7.54 ^c	≡

{x: 0=UPV/EHU, 1=Autonomous Community of the Basque Country (Eustat 2020), 2=Spain}; {y: a=VLR, b=LR, c=MR, d=HR, e=VHR, f=NR}; {≡: same risk level for result and reference value; ↑: risk level of result higher than that of reference value; ↓: risk level of result lower than that of reference value risk level}

Resultados del ACV:

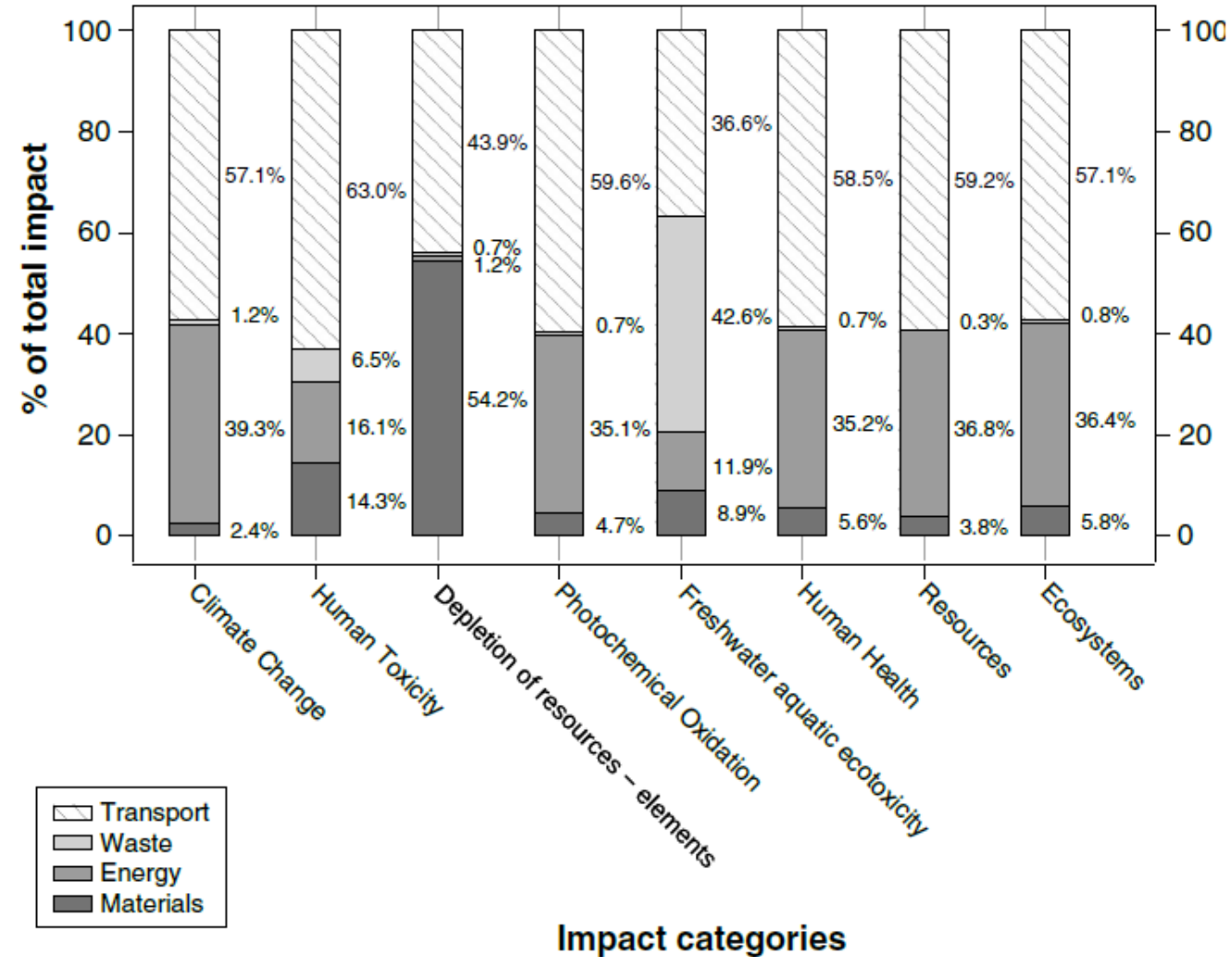


Fig. 2. Relative contribution of transportation, energy and material consumption and waste treatment to selected environmental impact categories, derived from the academic activity of the UPV/EHU.

Resultados del ACV:

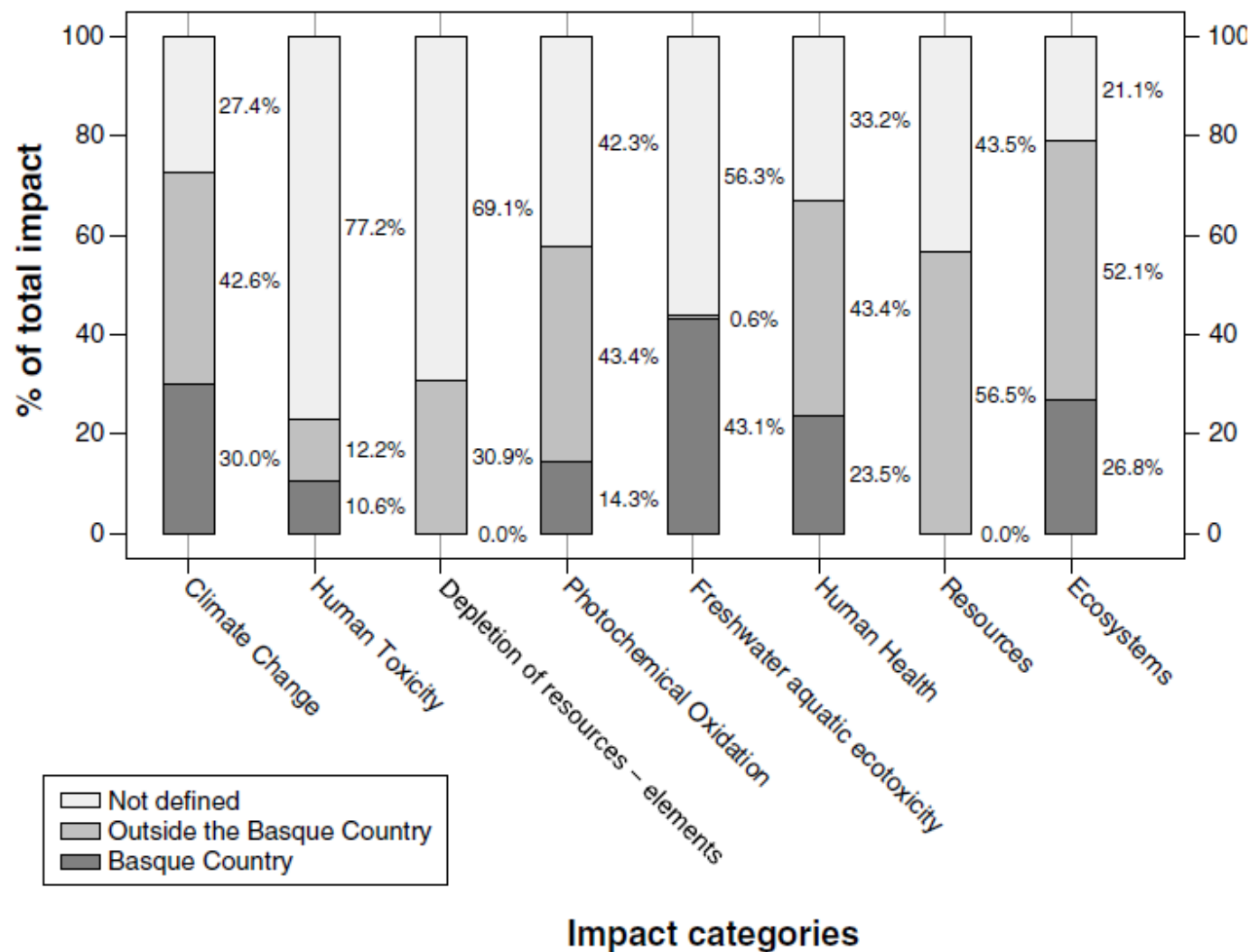


Fig. 3. Location of the environmental impacts derived from the academic activity of the UPV/EHU, for selected environmental impact categories.

11. HA de la EHU

Resultados del ACV:

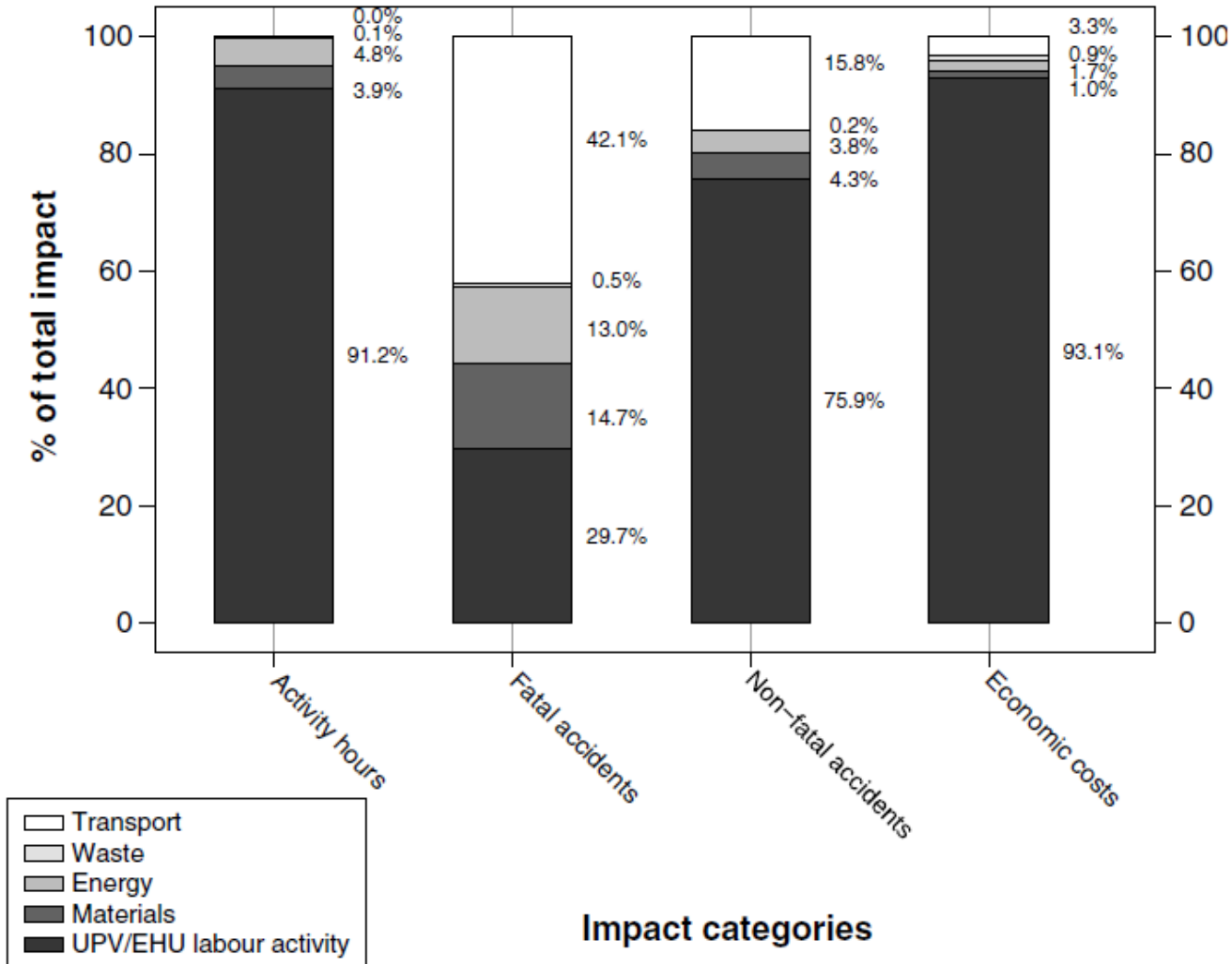


Fig. 4. Relative contribution of work activity at the UPV/EHU, transportation, energy consumption, material consumption and waste treatment linked to the academic activity of the UPV/EHU to selected social impact categories.

Escenarios propuestos en base al ACV:

Table 7

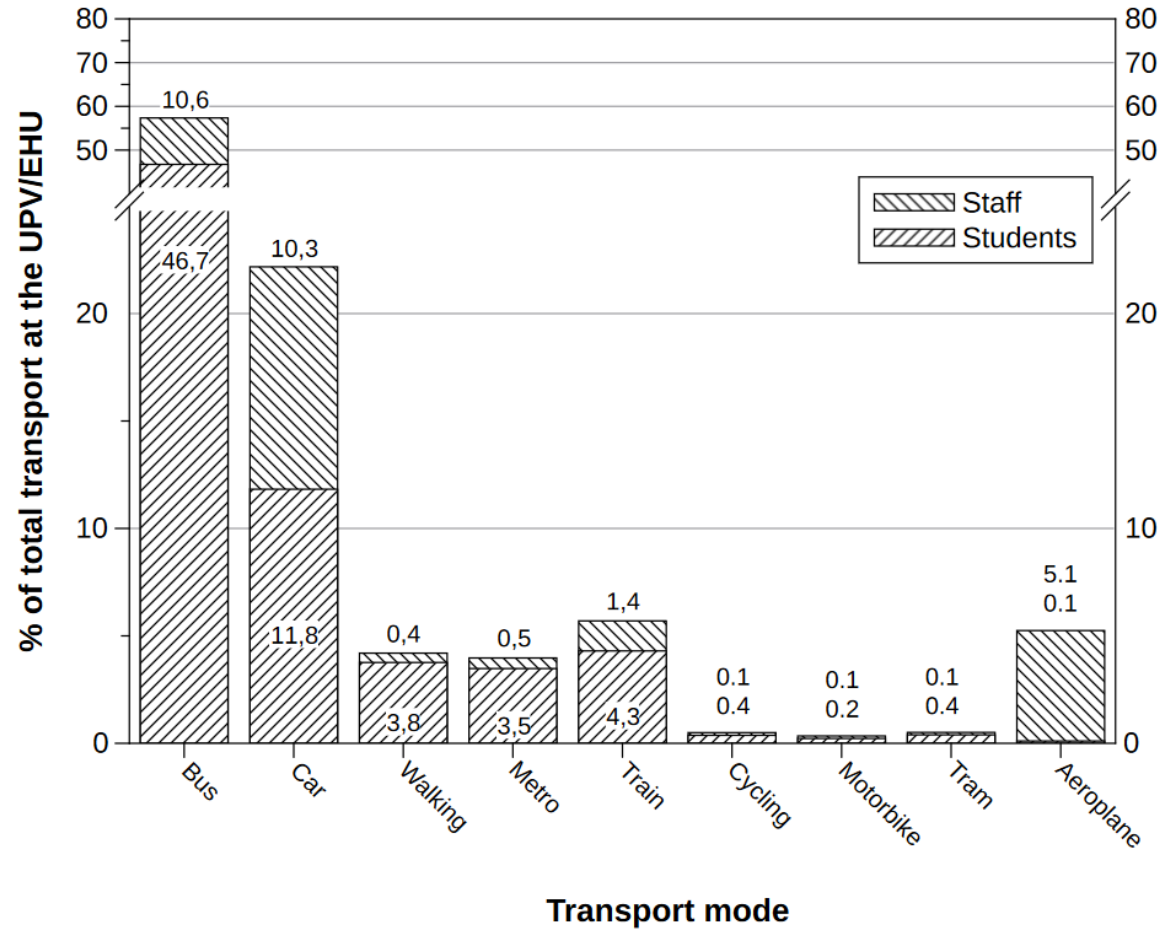
Percentage change in impact categories in relation to 2016 context, for five scenarios: A, computer equipment lifespan extended; B, electricity 100% of renewable origin; C, half of the transport by private car moves to bus and coach; D, thermal demand provided by heat pumps; E, thermal demand provided by heat pumps and electricity of 100% renewable origin.

Method	Impact category	A computer lifespan extended Δ%	B electricity 100% renewable Δ%	C transport from car to bus/coach Δ%	D heat production by heat pumps Δ%	E heat production by heat pumps 100% renew. Δ%
CML	Terrestrial ecotoxicity	-1.84	+2.42	-15.0	+2.87	+5.97
	Ozone layer depletion	-0.51	-16.9	-3.73	-12.1	-32.8
	Climate change	-0.73	-19.2	-5.02	-11.4	-35.1
	Photochemical oxidation - high NO _x	-0.90	-23.5	-6.05	-0.67	-30.1
	Acidification potential	-0.65	-29.4	-0.35	+3.68	-33.1
	Eutrophication	-2.58	-19.2	-2.21	+3.75	-20.3
	Marine aquatic ecotoxicity	-1.63	-12.5	-4.32	+2.53	-13.2
	Depletion of abiotic resources - fossil fuels	-0.70	-17.5	-5.31	-16.5	-37.9
	Human toxicity	-2.65	-8.36	-19.36	+2.79	-7.63
	Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves	-10.6	+0.56	-18.5	+1.48	+2.19
ReCiPe	Freshwater aquatic ecotoxicity	-1.65	-6.41	-12.6	+2.22	-5.81
	Human Health	-1.19	-20.0	-4.60	-6.36	-31.2
	Resources	-1.02	-16.0	-6.38	-15.1	-34.7
	Ecosystems	-0.84	-10.3	-5.45	-8.28	-20.9

12. Elaboración de estrategias

Caso práctico: el transporte

Su ICV:

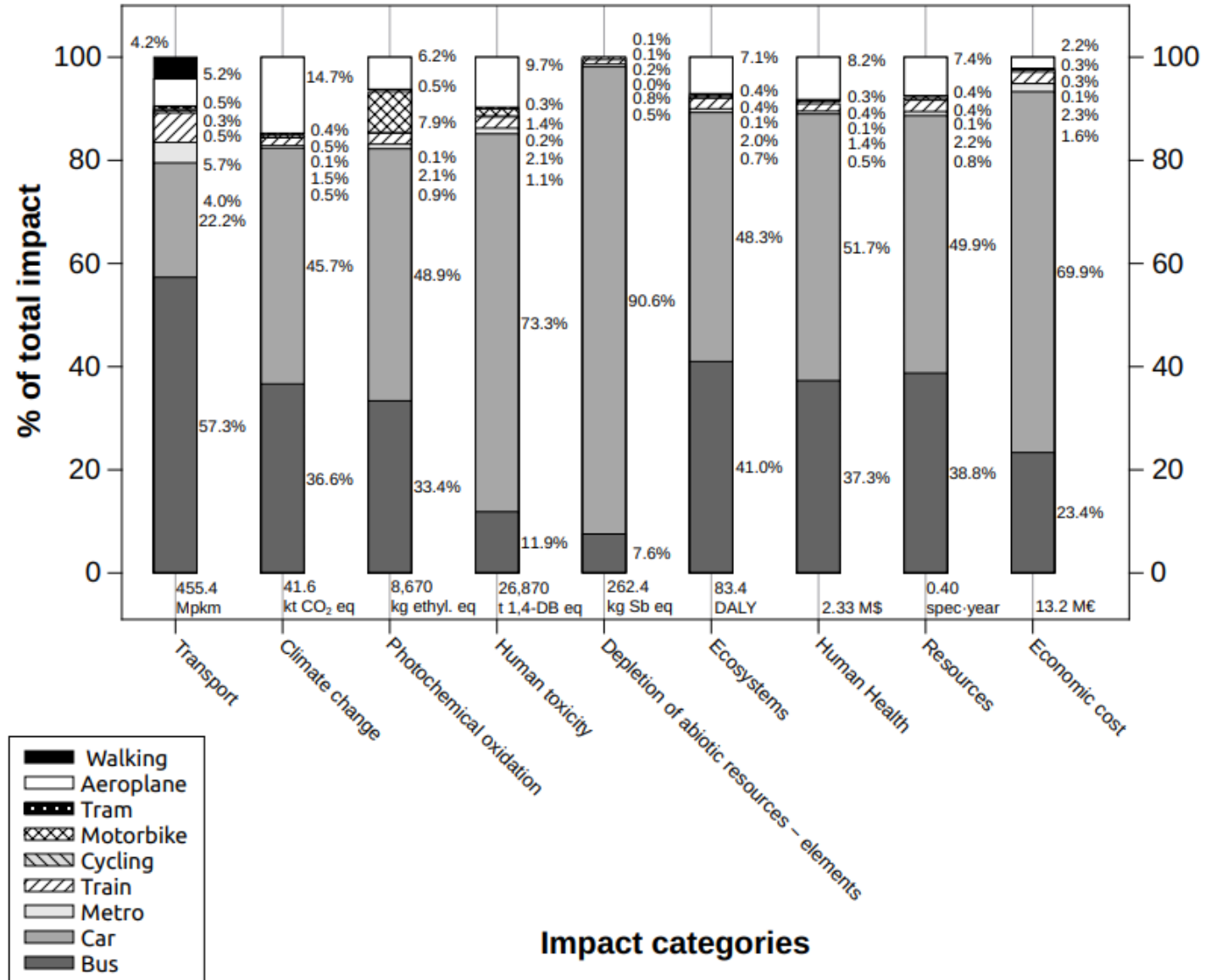


¿CONCLUSIONES?

12. Elaboración de estrategias

Caso práctico: el transporte

Resultado del ACV:



INTERPRETACIÓN DEL ACV
¿CONCLUSIONES?

Enlaces web:

- <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-overview>
- <https://www.ihobe.eus/publicaciones/analisis-ciclo-vida-y-huella-carbono-dos-maneras-medir-impacto-ambiental-un-producto-2>
- <https://www.ihobe.eus/publicaciones/metodos-huella-ambiental-productos-y-servicios-analisis-ciclo-vida>
- <https://www.ehu.es/es/web/iraunkortasuna/ehu-aztarna2>

Artículos:

- Bueno, G., de Blas, M., Pérez-Iribarren, E., Zuazo, I., Torre-Pascual, E., Erauskin, A., Etxano, I., Tamayo, U., García, M., Akizu-Gardoki, O., León, I., Marieta, C., Zulueta, G., Barrio, I. 2021. [The environmental and social footprint of the university of the Basque Country UPV/EHU](#). Journal of Cleaner Production 315, 128019.
- Erauskin-Tolosa, A., Bueno, G., Etxano, I., Tamayo, U., García, M., de Blas, M., Pérez-Iribarren, E., Zuazo, I., Torre-Pascual, E., Akizu-Gardoki, O. 2021. [Social organisational LCA for the academic activity of the University of the Basque Country UPV/EHU](#). The International Journal of Life Cycle Assessment 26, 1648–1669.

Apuntes:

- Apuntes de la asignatura de Ciencia y Tecnología Ambiental del Grado en Ingeniería en Organización Industrial elaborados por la profesora María Carmen Gómez.

Enlaces web:

- <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/registro-huella.html>
- <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html>
- Real Decreto 214/2025: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2025-7439>
- Resumen Real Decreto: <https://www.terraqui.com/actualidad/real-decreto-huella-de-carbono/#section-1>
- <https://www.ihobe.eus/es/publicaciones/huella-carbono-en-organizaciones-herramienta-calculo>