

**CURSO 2023/2024**

**INGENIA “Industriales me suena”**

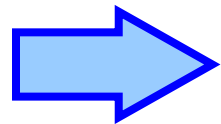
**M<sup>a</sup> Ángeles Huerta– Juan Manuel de Andrés**

**26 de noviembre de 2023**

**INDUSTRIALES**  
ETSII | UPM

## 1. OBJETIVOS

- Ser conscientes de las implicaciones ambientales de cualquier producto, proceso o servicio:
  - Entender el marco conceptual para la identificación y evaluación de impactos ambientales
  - Conocer las categorías o problemáticas ambientales más relevantes
  - Entender la problemática en relación a la valoración de impactos



**INGENIA**  
TFM y posteriores

## 2. MARCO CONCEPTUAL. APROXIMACIÓN AL ACV

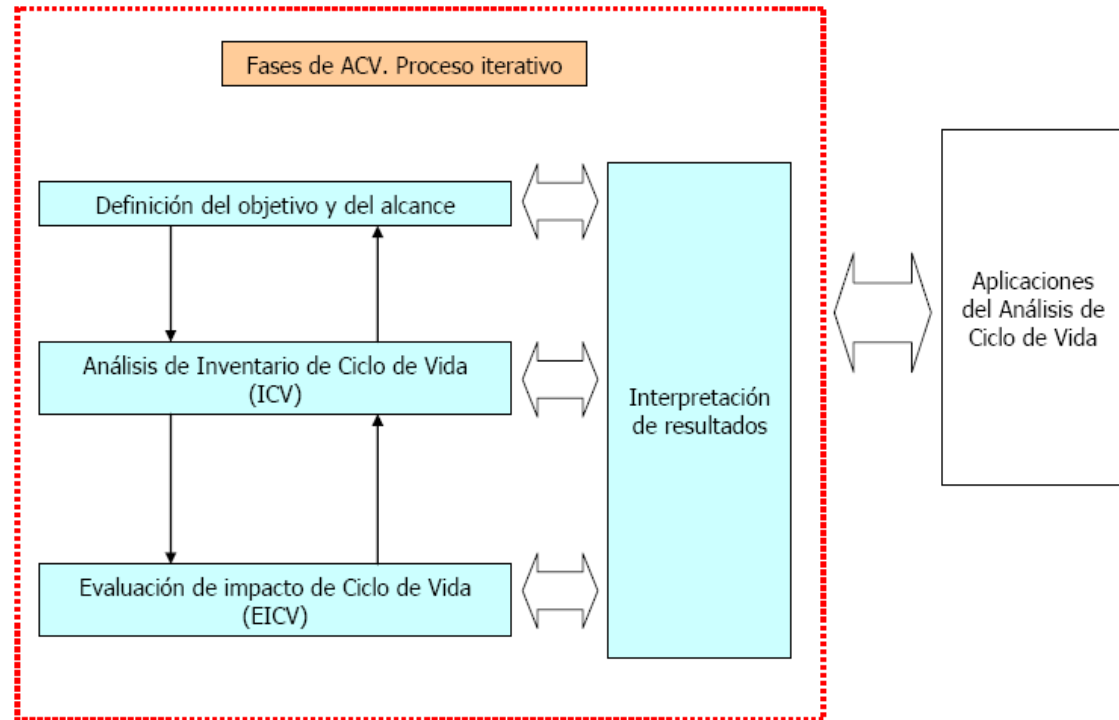
- El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología que pretende evaluar de forma objetiva e integral los impactos ambientales de un proceso, producto o servicio





## Etapas de un ACV

1. Definición del objetivo y alcance
2. Inventario de Ciclo de Vida (ICV)
3. Evaluación de impactos ambientales del ciclo de vida (EICV)
4. Interpretación de los resultados



### Normativa aplicable:

- ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Traslada a la normativa española por la norma UNE-EN ISO 14040
- ISO 14044:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requerimientos y directrices. Traslada a la normativa española por la norma UNE-EN ISO 14044
- ISO/TR 14047:2012 (informe técnico). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos de cómo aplicar la ISO 14044 a la evaluación de impactos
- ISO/TR 14048:2002 (informe técnico). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Formato de datos de inventario
- ISO/TR 14049:2012 (informe técnico). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos de cómo aplicar la ISO 14044 a la definición del objetivo y alcance y al análisis de inventario
- ISO 14045:2012. Gestión ambiental. Análisis de Eco-eficiencia de sistemas de productos. Principios, requerimientos y directrices
- ISO 14046:2014. Gestión ambiental. Huella hídrica. Principios, requerimientos y directrices.
- ISO/TS 14067:2013. Gestión ambiental. Huella de carbono de productos. Requerimientos y directrices para cuantificación y comunicación

### Otros:

- *Publicly Available Specification 2050* (PAS 2050:2008 y actualización PAS 2050:2011), *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services* y la PAS 2070:2013: *Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city*.

### 3. ORIENTACIÓN SOBRE EL TRABAJO

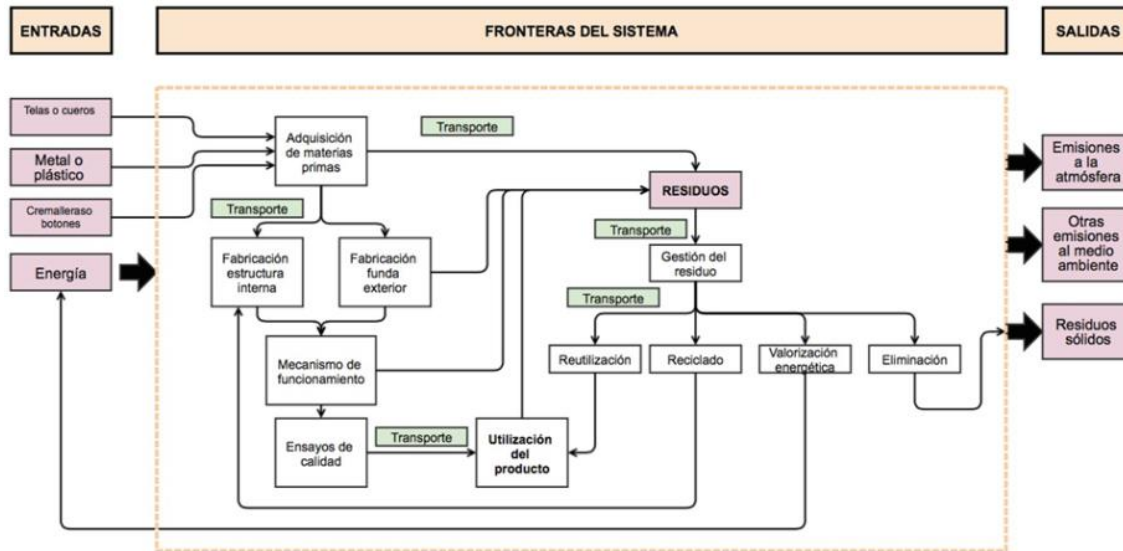
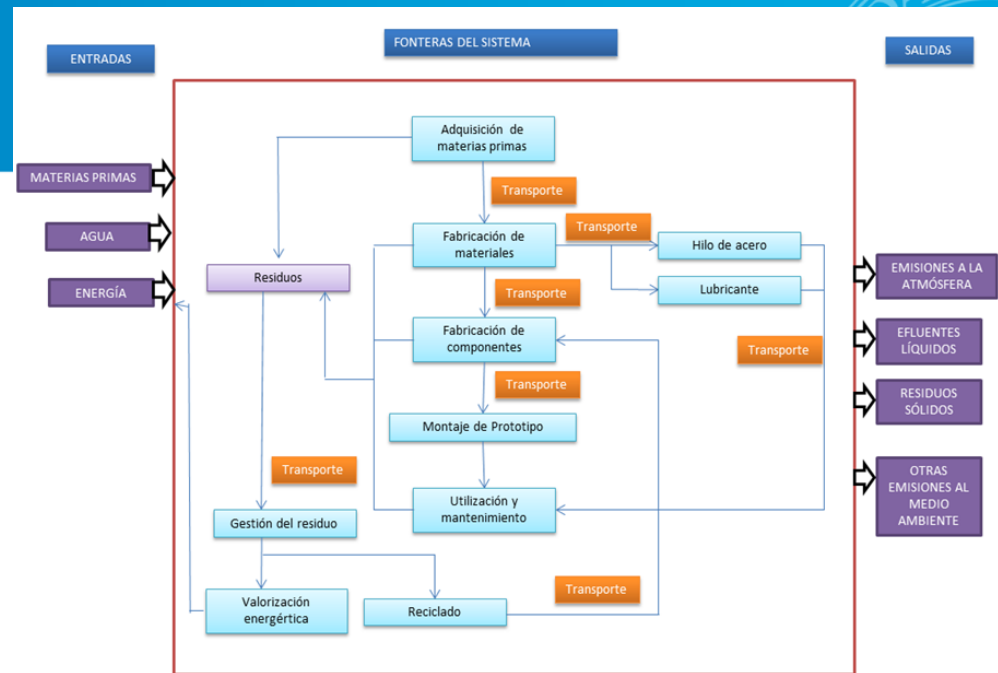
- **Diagrama de flujo** que describa todas las etapas y permita una visión global de las implicaciones ambientales. **Definición de las fronteras del sistema**
- Identificación de las **entradas y salidas del sistema**
- Identificación y justificación de las **categorías de impacto más relevantes**
- Reflexión (lo más cuantitativa posible) sobre la **naturaleza de los impactos**: relación entre los flujos del sistema y los impactos ambientales
- Demostración o justificación de cómo el resultado de este análisis está **integrado en el diseño del producto / proceso final**



## a) DIAGRAMA DE FLUJO

(ETAPA 1 del ACV – Definición de objetivo y alcance)

- Necesario para tener una visión general y no pasar por alto ningún aspecto relevante



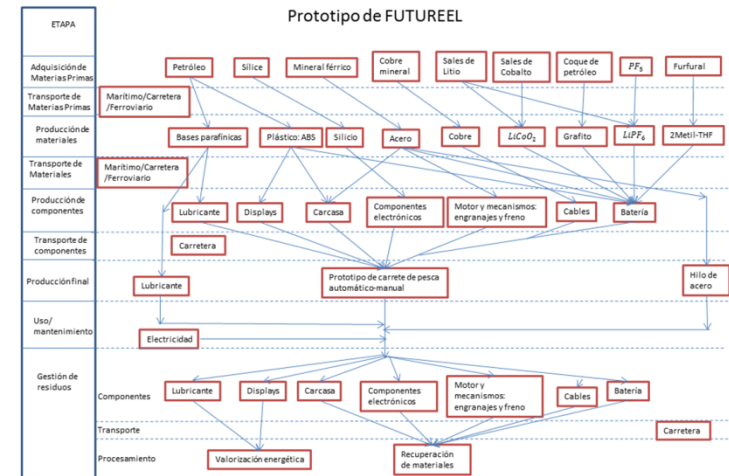
- Delimitación geográfica y temporal
- Parámetros y datos requeridos
- Hipótesis de partida
- Limitaciones del estudio
- Enfoque =  $f(\text{objetivo})$



## ENFOQUE

- Comparativo (evaluación respecto a un producto equivalente):
- Visión general exhaustiva y valoración cualitativa:

Actividad	Obtención de furfural	Obtención de PF5	Obtención de sales de litio	Obtención de sales de cobalto
Categoría de impacto				
1 Cambio climático				
2 Destrucción de la capa de ozono estratosférico				
3 Acidificación				X
4 Eutrofización del agua dulce		X		
5 Eutrofización del agua marina				
6 Formación de oxidantes fotoquímicos				
7 Toxicidad humana	X	X	X	X
8 Ecotoxicidad Terrestre	X	X	X	X
9 Ecotoxicidad Agua dulce	X	X	X	X
10 Ecotoxicidad Agua marina	X	X		
11 Formación de material particulado			X	X
12 Radiación ionizante				
13 Ocupación del suelo agrícola	X	X		
14 Ocupación del suelo urbano				
15 Transformación del suelo natural			X	X
16 Agotamiento de recursos naturales. Agua			X	X
17 Agotamiento de recursos minerales		X	X	X
18 Agotamiento de recursos fósiles				

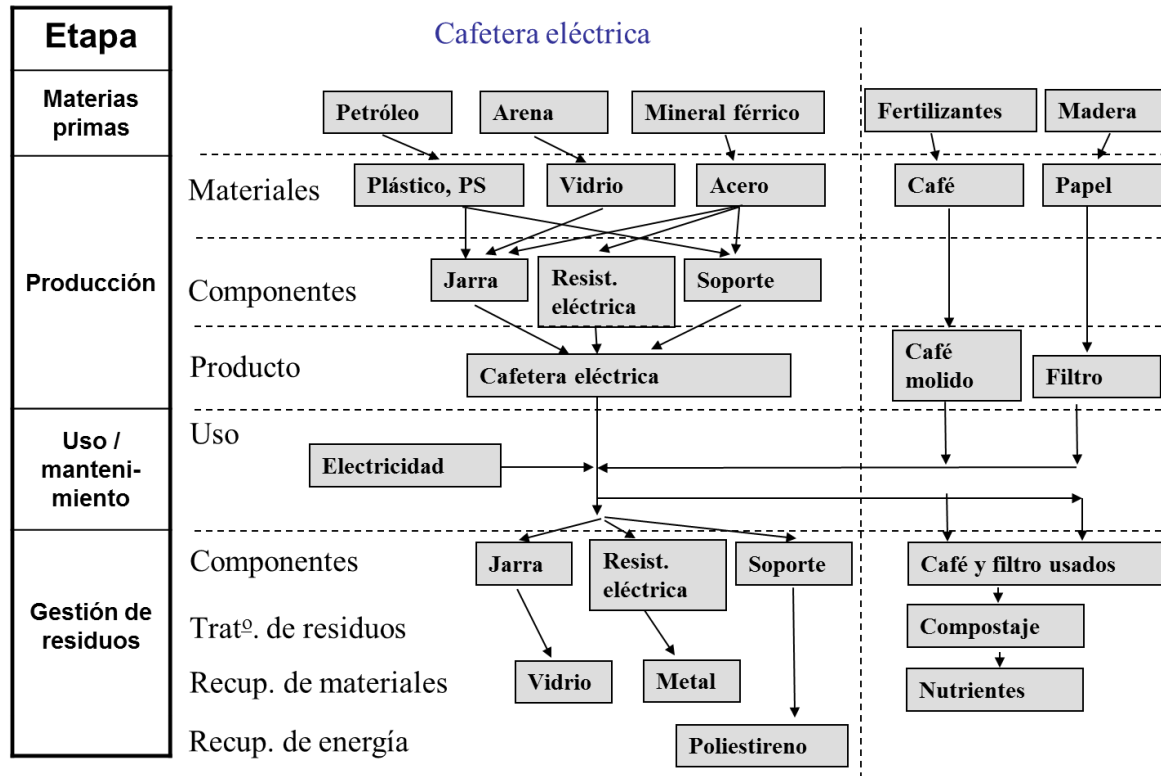


- Cuantitativo y detallado centrado en una etapa/categoría...





- Importancia de esta fase 1 del análisis (*mejora conocimiento del proceso*)



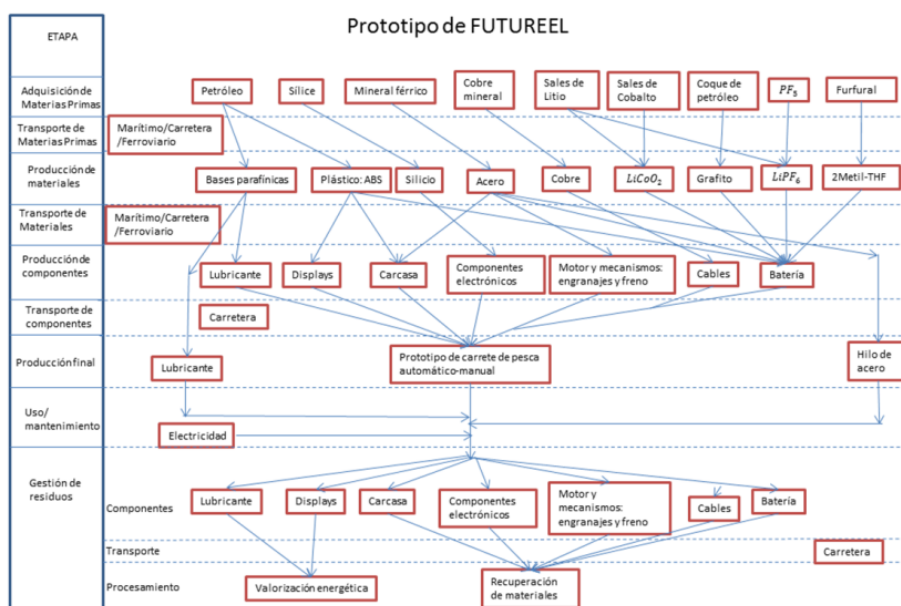
- Entradas y salidas relevantes:
  - Consumos energéticos
  - Materias primas
  - Ecotoxicidad
  - ...
- Etapas relevantes:
  - Transporte
  - Uso
  - Reciclaje
  - ...

- Necesidad de incorporar los factores medioambientales en la selección de soluciones constructivas y materiales

## b) ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA Y MECANISMOS RELEVANTES

(ETAPA 2 del ACV – Inventario del Ciclo de Vida)

- ✓ En esta etapa se cuantifican todas las entradas y salidas de materiales y energía del sistema (en base a la unidad funcional) que puedan tener relevancia
- ✓ Ha de incluir, al menos:
  - ✓ Consumo de materias primas
  - ✓ Consumo de energía
  - ✓ Emisiones atmosféricas
  - ✓ Emisiones al agua
  - ✓ Emisiones al suelo
  - ✓ Generación de residuos
- ✓ Es fundamental documentar las fuentes de información (representatividad) o los cálculos realizados



## c) IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO MÁS RELEVANTES

- ✓ **Categorías de impacto** a considerar con carácter general (ejemplo tomado de la metodología *ReCiPe*)
- ✓ Esto se relaciona con la producción de emisiones atmosféricas, vertidos y residuos (IMA)

CATEGORIA DE IMPACTO
1- Cambio climático
2- Destrucción de la capa de ozono estratosférico
3- Acidificación
4- Eutrofización del agua dulce
5- Eutrofización del agua marina
6- Formación de oxidantes fotoquímicos
7- Toxicidad Humana
8- Ecotoxicidad Terrestre
9- Ecotoxicidad. Agua Dulce
10- Ecotoxicidad. Agua Marina
11- Formación de material particulado
12- Radiación ionizante
13- Ocupación del suelo agrícola
14- Ocupación del suelo urbano
15- Transformación del suelo natural
16- Agotamiento de recursos naturales. Agua
17- Agotamiento de recursos minerales
18- Agotamiento de recursos fósiles

- Cada INGENIA debe identificar qué categorías son relevantes (o podrían serlo bajo determinados supuestos) y justificarlo
- Se relacionan con:

### Emisiones atmosféricas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)

- Los gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SF}_6$ , PFCs y HFCs) provoca un incremento global en la temperatura del planeta con efectos negativos en el clima, la salud humana, los ecosistemas y los animales





- La emisión de CFCs y HCFCs (utilizados en el pasado como gases propelentes y refrigerantes), contribuye a destruir la capa de ozono estratosférica que filtra la radiación UV, lo que tiene efectos graves en los seres vivos
- La emisión de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y otros gases ácidos contribuye a fenómenos de lluvia ácida que afectan a los ecosistemas terrestres y acuáticos y desencadenan pérdida de biodiversidad
- La emisión de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$  puede provocar el depósito de nitrógeno en masas de agua y generar eutrofización y pérdida de biodiversidad

- Los  $\text{NO}_x$ , COVS (y en menor medida CO y  $\text{CH}_4$ ) son precursores de  $\text{O}_3$  troposférico que afecta a la salud humana, los ecosistemas y los materiales
- Las emisiones de partículas y precursores de las mismas ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ , COVNM) generan efectos negativos en la salud
- La emisión de radioisótopos radiactivos puede generar graves efectos en salud, incluyendo cánceres y efectos letales
- La emisión de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes da lugar a efectos negativos en salud de carácter crónico y agudo
- La emisión de  $\text{SH}_2$  y diversos COVNM puede dar lugar a olores en concentraciones muy inferiores a las que se asocian con efectos en salud

## Emisiones al agua (3, 4, 5, 7, 9, 10, 12)

- Los vertidos de materia orgánica ( $\text{DBO}_5$ , DQO) generan una disminución del oxígeno disuelto en las masas de agua lo que se traduce en pérdida de biodiversidad
- Nitritos, nitratos y otras sustancias con N y P dan lugar a procesos de eutrofización, que también conducen a impactos en los seres y pérdida de biodiversidad
- El vertido de agentes patógenos puede generar graves efectos en la salud humana





- Vertidos de metales pesados, compuestos orgánicos persistentes, pesticidas, abonos, etc. generan problemas de toxicidad, tanto en la salud humana como en los ecosistemas
- Las variaciones en el pH, la temperatura, sólidos en suspensión o la concentración de sales de cursos de agua puede tener efectos negativos en la biodiversidad





## Ocupación del territorio cambios de uso (13, 14, 15)

- Debe considerarse desde la perspectiva de uso de recursos limitados, especialmente cuando provoca pérdida del hábitats y biodiversidad



## Agotamiento de recursos (16, 17, 18)



- Debe considerarse el consumo de agua, materias primas y combustibles fósiles, prestando especial atención a los recursos más escasos

## d) NATURALEZA Y CUANTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS

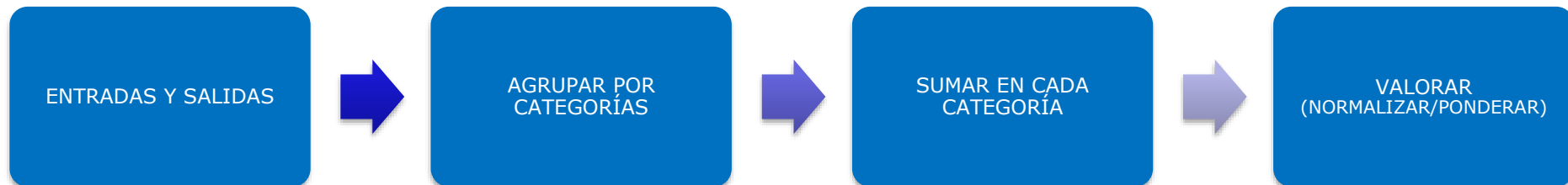
- Tres fases o subetapas:

**1. Clasificación:** agrupar las salidas en categorías de impacto

**2. Caracterización:** definición de indicadores de categoría de impacto y unidades que permitan cuantificar los flujos en cada categoría. Definir factores de caracterización

**3. Valoración:** normalización y ponderación de los índices para agregar los resultados y obtener una evaluación global (¿Fase 3?)

En el seno de nuestro INGENIA, esta fase se relaciona con la Clasificación y Caracterización





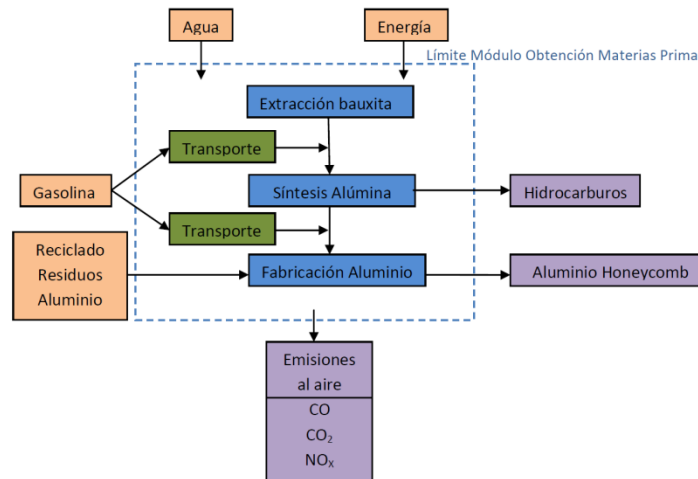
- De todos los impactos identificados, se seleccionarán aquellos que se consideran más **relevantes para su análisis y/o su integración en el proyecto INGENIA**.
- A partir del análisis detallado de esos impactos se revisan los criterios de diseño y desarrollo del producto para **maximizar los impactos positivos** y **minimizar los negativos**.
- Como **criterios para dicha selección**:
  - *Las importancia/magnitud de dichos impactos en algún/os GGII*
  - *la capacidad para poder incidir en ellos dentro del proyecto*
  - *la facilidad de profundizar en su análisis, ya sea cuantitativo o cualitativo*
  - ...

## • Factores de caracterización (*ReCiPe*)

Categoría de Impacto	Factor de caracterización	Unidad
Cambio climático	Potencial de calentamiento global	kg CO <sub>2</sub> eq
Destrucción de la capa de ozono estratosférico	Potencial de destrucción de la capa de ozono	kg CFC-11 eq (CFC=clorofluorocarbono)
Acidificación	Potencial de acidificación	kg SO <sub>2</sub> eq
Eutrofización del agua dulce	Potencial de eutrofización del agua dulce	kg P eq
Eutrofización del agua marina	Potencial de eutrofización del agua marina	kg N eq
Formación de oxidantes fotoquímicos	Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos	kg COVNM (COVNM=Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos)
Toxicidad Humana	Potencial de toxicidad humana	kg 1,4-DCB eq (DCB=diclorobenceno)
Ecotoxicidad Terrestre	Potencial de ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB eq
Ecotoxicidad. Agua Dulce	Potencial de ecotoxicidad, agua dulce	kg 1,4-DCB eq
Ecotoxicidad. Agua Marina	Potencial de ecotoxicidad, agua marina	kg 1,4-DCB eq
Formación de material particulado	Potencial de formación de material particulado	kg PM <sub>10</sub> eq
Radiación ionizante	Potencial de radiación ionizante	kg U-235 eq
Ocupación del suelo agrícola	Potencial de ocupación de suelo agrícola	m <sup>2</sup> por año
Ocupación del suelo urbano	Potencial de ocupación del suelo urbano	m <sup>2</sup> por año
Transformación del suelo natural	Potencial de transformación del suelo natural	m <sup>2</sup> por año
Agotamiento de recursos naturales. Agua	Potencial de agotamiento de agua	m <sup>3</sup>
Agotamiento de recursos minerales	Potencial de agotamiento de recursos minerales	kg Fe eq
Agotamiento de recursos fósiles	Potencial de agotamiento de recursos fósiles	kg de crudo eq



- No se pretende realizar una cuantificación detallada y exhaustiva del producto o proyecto global; normalmente se restringirá el análisis a una etapa o aspecto específico, adecuadamente justificado

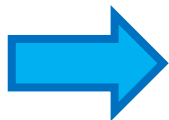


**Utilidad de software específico de ACV  
(SimaPro, Gabi4,..., versiones demo!!!).  
Etapa de EICV**

## e) **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

- Resaltar los aspectos más significativos identificados y con qué etapas del producto se relacionan
- Discutir las conclusiones en el contexto de las limitaciones del estudio tanto por limitaciones metodológicas (fronteras del sistema, etc.) como la incertidumbre de los datos
- Demostrar o justificar cómo el resultado de este análisis se ve reflejado en el diseño del producto / proceso final

- Reflexión sobre el proceso; etapas y categorías de impacto relevantes:
  - Diagrama de flujo completo del proceso
  - Posible orientación del estudio en INGENIA
  - Propuesta preliminar de una frontera y diagrama de flujo detallado



Moodle asignatura: ¿?  
Correo electrónico: ¿?  
Fecha: ¿?

***Más información específica sobre ACV  
(conceptos, metodologías y datos)***

- ✓ “Análisis de ciclo de vida de procesos y productos” de la ETSI Industriales de la UPM (Rodríguez et al., 2014)
- ✓ *European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA)* desarrollada por el *Joint Research Centre (JRC)*, que incluye información metodológica y bases de datos gratuitas relativas a las distintas etapas y conceptos de ACV

