

Gestión Ambiental

INTRODUCCIÓN A ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA



Dr. Edmundo Muñoz Alvear

2016



SEMINARIO INTERNACIONAL DE ACV

8, 9 10 de junio, Viña del Mar, Chile

Link: <http://redacvchile.wix.com/lca-event>



United Nations
Global Compact



Red ACV
Chile

V Seminario Internacional de ACV en Ibero-América

Junio 08-10, 2016 : Viña del Mar, Chile.

I Conferencia Chilena



HISTORIA DE ACV

En 1969 pocos años antes de esta crisis energética la compañía **Coca-Cola**, encargo un estudio (nunca publicado) al **Midwest Research Institute** (MRI), donde se debían comparar diferentes tipos de envases para determinar cual de ellos suponía un menor consumo de recursos y una menor cantidad de emisiones. En aquel entonces se utilizó la expresión ***Análisis de Recursos y Perfil Ambiental***.

La crisis energética de 1973 supuso que este tipo de estudios conducentes a la identificación del consumo de energía en cada una de las etapas de producción tuviesen una gran expansión

En 1993 se realiza la primera definición de esta herramienta, propuesta por la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), que edita una serie de guías que sistematizan los estudios de ACV, permitiendo la comparación de los diferentes casos prácticos analizados



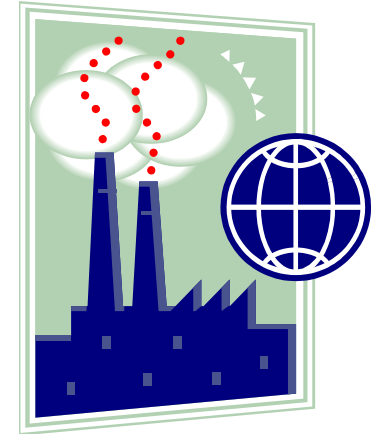
HISTORIA DE ACV

Paralelamente, diversas revistas científicas (AIChE Journal, Environmental Science & Technology) abren sus puertas a los trabajos relacionados con el ACV, lo que produce una explosión de trabajos científicos en este campo. Así, el año 1996 se comienza la edición de una revista específica para la metodología y aplicaciones del ACV: “**International Journal of Life Cycle Assessment**”. A finales de los 90’ se alcanza una masa crítica que permite la puesta en marcha de congresos científicos-tecnológicos específicos en la materia.



DEFINICIÓN: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

*El Análisis del Ciclo de Vida es una técnica para determinar los **aspectos ambientales** e **impactos potenciales** asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”*



ISO 14040, 2006



ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

Beneficios

Ayuda a la empresa a ver que existen **impactos** asociados a un **producto** además de los **generados en la planta**.



Cambia el pensamiento convencional, da un enfoque más amplio

Mejora la gestión de la cadena de proveedores, y permite **evaluar el fin de vida del producto**

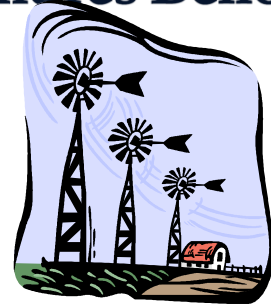
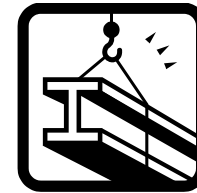
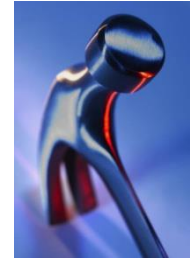




Áreas de aplicación

Ayuda a decidir sobre

- ✓ Qué **productos** manufacturar
- ✓ La clase de **materiales** a usar
- ✓ Las fuentes de **energía** a usar
- ✓ La clase y cantidad de material de **embalaje** a usar
- ✓ El **diseño** de los productos
- ✓ La gestión de los **residuos** generados
- ✓ El contenido de las **instrucciones / información** dada a los consumidores
- ✓ Los **indicadores de desempeño ambiental** más relevantes
- ✓ La **estrategia de mercado.**





NORMAS ISO-14040

Diciembre 2006

TÍTULO

Gestión ambiental

Análisis del ciclo de vida

Diciembre 2006

TÍTULO

Gestión ambiental

Análisis del ciclo de vida

Requisitos y directrices

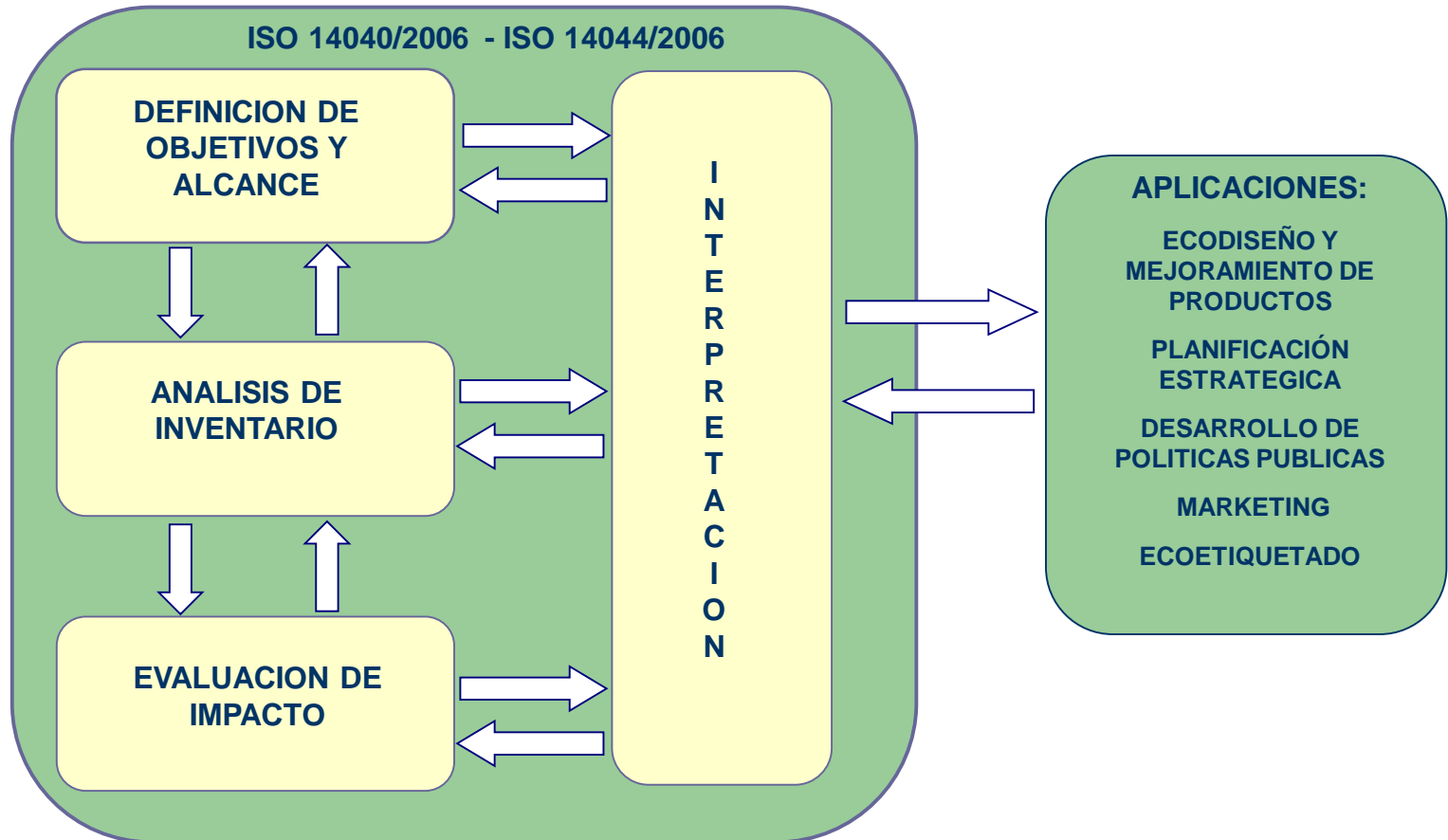
(ISO 14044:2006)

Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines (ISO 14044:2006).

Management environnemental. Analyse du cycle de vie. Exigences et lignes directrices (ISO 14044:2006).



METODOLOGÍA



Fases del ACV, según la ISO 14040



FASES DE UN ACV

Fase 1: Definición de objetivos

- Objetivo general
- La unidad funcional
- Definición del sistema

Fase 2: Inventario

- Recolección de datos
- Evaluación de la calidad
- Emisiones y consumo de recursos

Fase 3: Evaluación de impactos

- Selección de categorías de impactos
- Caracterización de emisiones/consumos
- Normalización y ponderación

Fase 4: Interpretación

- Identificación de las mayores fuentes de impacto
- Comparación de procesos, etc

METODOLOGÍA ACV

Definición de objetivos y alcance



Dr. Edmundo Muñoz Alvear

2015



DEFINICIONES → Concepto

Unidad funcional: desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como unidad de referencia

Flujo de referencia: medición de los resultados de los procesos en un sistema determinado de productos requerido para cumplir la función expresada por la unidad funcional

UNIDAD FUNCIONAL – FLUJO DE REFERENCIA

¿Cuál pintura elegir ?



6 kg CO₂ eq/galón



8 kg CO₂ eq/galón



UNIDAD FUNCIONAL – FLUJO DE REFERENCIA



6 kg CO₂ eq

3,5 L/galón
30 m²/galón
Duración: 2
años



8 kg CO₂ eq

3,5 L/galón
40 m²/galón
Duración: 3
años

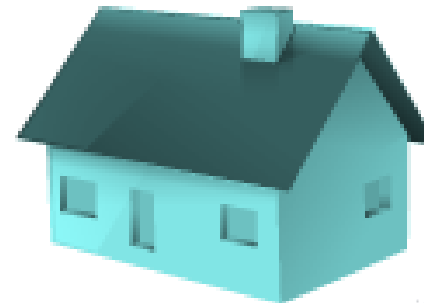


Unidad funcional: 240 m² de muros / 3 años

Flujo de referencia: medición de los resultados de los procesos en un sistema determinado de productos requerido para cumplir la función expresada por la unidad funcional



72 kg CO₂ eq



48 kg CO₂ eq





DEFINICIONES → Concepto

Objetivos del Estudio

Comparar las emisiones y energía generada y consumida por dos sistemas de secado de manos para optar por un sistema en baños de una cadena de restaurantes. Los resultados obtenidos se informaran a los consumidores.



	TOALLA DE PAPEL	SECADOR POR AIRE
FUNCIÓN	Secado de manos	Secado de manos
UNIDAD FUNCIONAL	Numero de pares de manos secadas	Numero de pares de manos secadas
FLUJO DE REFERENCIA	Masa de papel requerida para secar un par de manos	Volumen de aire requerida para secar un par de manos



Implicancias de la UF en ACV

- Las consecuencias de una UF mal definida pueden ser determinantes en los resultados de un ACV, puesto que todas las entradas y salidas están calculadas en base a esta unidad.

Función del sistema	<i>Contener y servir café</i>	
Unidad funcional	<i>Contener 200 mL tres veces al día durante un año</i>	
Alternativas	<i>Vasos desechables de polietileno</i>	<i>Tazas de cerámica</i>

* 3 vasos/día por 365 días

** 4 años de vida útil de una taza

“Esta situación no representa problemas para ESTUDIOS NO COMPARATIVOS



DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE”

Ejemplo:

Unidad funcional y flujo de referencia

Defina la unidad funcional para comparar los siguientes sistemas funcionalmente equivalente

- Remediación de suelos contaminados (incineración vs biorremediación)
- Sistemas de tratamiento de aguas servidas
- Lápiz de pasta



Implicancias de la UF en ACV

Estudios comparativos

- En ACV se cumple el dicho popular “***el comparar es odioso***”
- El uso de unidades físicas es sólo posible en productos **funcionalmente equivalente**
- Barreras en la definición de la UF:
 - Modo en que ejerce su función
 - Calidad
 - Hábitos del usuario (*durabilidad*)
 - Multifuncionalidad (*se debe identificar función de interés*)
 - Funciones cualitativas



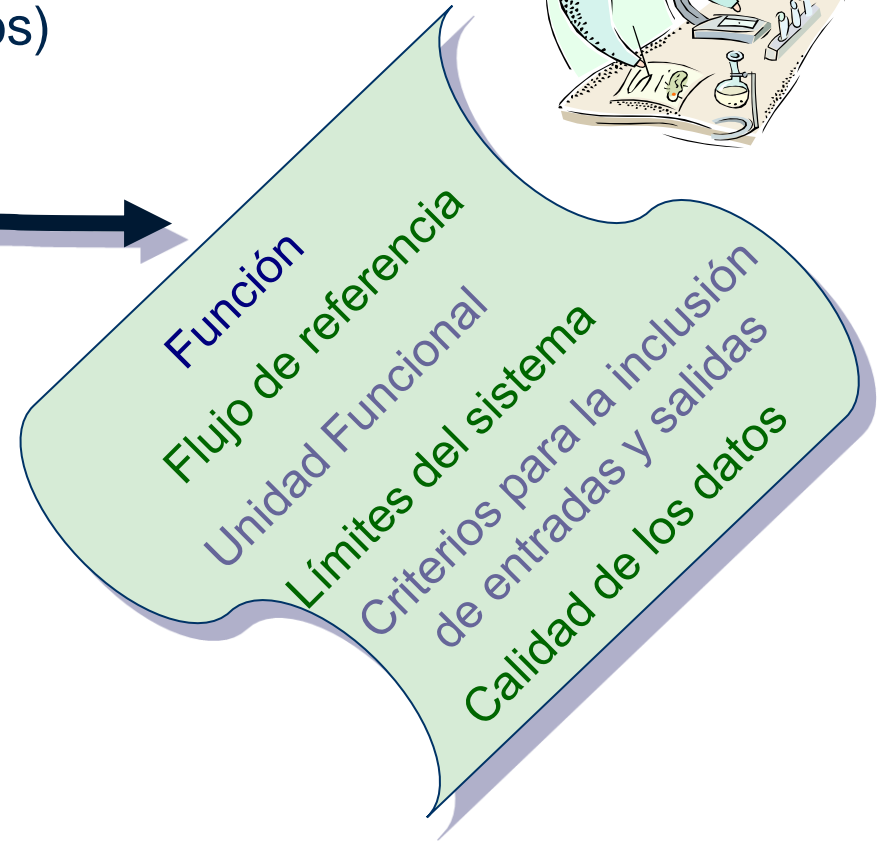
DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE”

Objetivos del Estudio

Debe establecer la aplicación prevista, las razones para efectuar el estudio y los destinatarios (a quien serán comunicados los resultados)

Alcance del Estudio

La definición del alcance de la ECV establece los límites de la evaluación, es decir, cuál es el sistema a estudiar y qué método de evaluación se utilizará





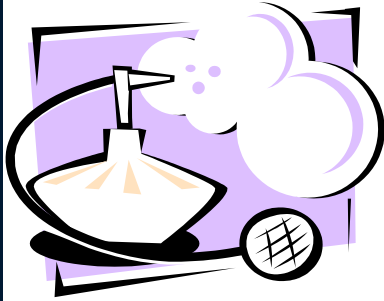
Límites del sistema

- Los límites del sistema definen los procesos unitarios que deben ser incluidos en el sistema a modelar.
- En muchos casos cuando no hay suficiente tiempo, datos o recursos, se deben tomar decisiones sobre que procesos unitarios serán modelados por el estudio y el nivel de detalle.

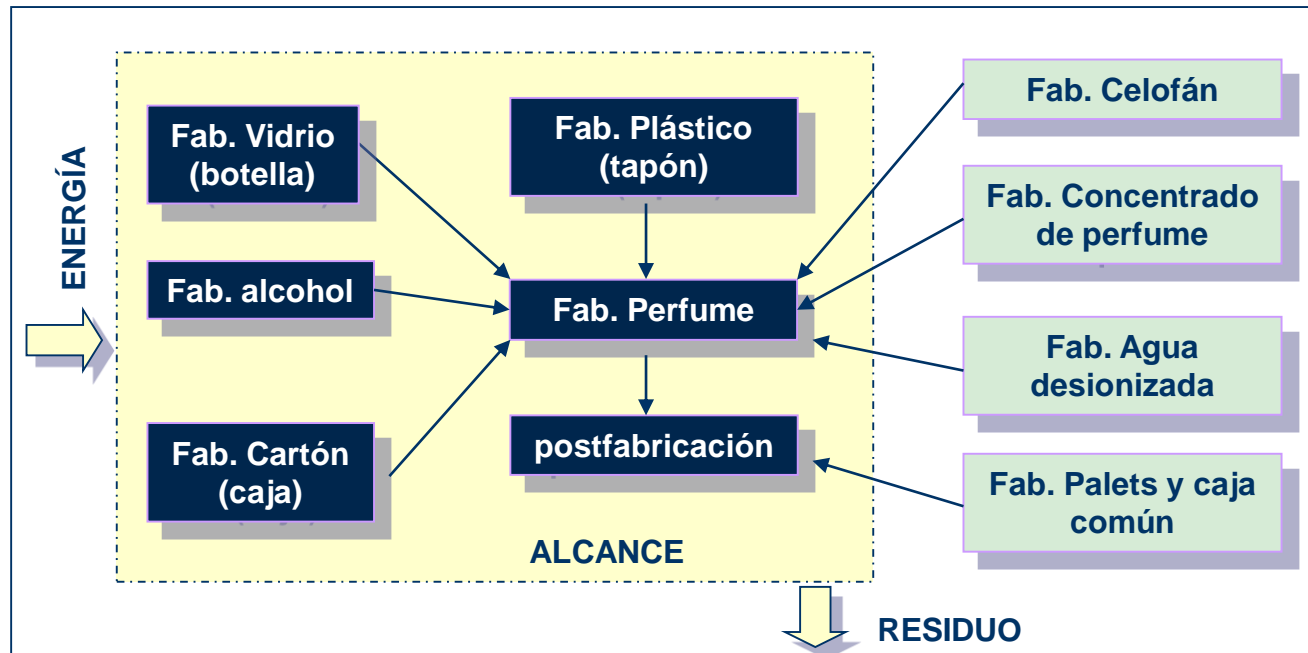
“No hay que gastar recursos en la cuantificación de entradas y salidas que no modificarán significativamente las conclusiones globales del estudio”



DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE



- ✓ Límites del Sistema
- ✓ Categorías de datos
- ✓ Criterio para la inclusión de entradas y salidas
- ✓ Calidad de los datos





DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

Criterios para la inclusión inicial de entradas y salidas

- Criterios para decidir cuales entradas serán estudiadas:
 - Masa
 - Energía
 - Relevancia ambiental
- Estos criterios también pueden ser utilizados para identificar cuáles salidas deberían ser trazadas hasta el medio ambiente.



Descripción de la categorías de datos

- Los datos dependen de los objetivos del estudio
- Pueden ser obtenidos:
 - Lugares de producción
 - Calculados de fuentes publicadas
- Pueden incluir una mezcla de datos medidos, calculados o estimados



CATEGORÍA DE DATOS

Otras categorías de datos de entrada y salida puede incluir: ruidos y vibraciones, uso del suelo, radiación, olor y calor residual

EMISIONES

- *Emisiones al aire*
- *Emisiones al agua*
- *Emisiones al suelo*
- *Otros aspectos ambientales*

ENTRADA

- *Energía*
- *Materias primas*
- *Auxiliares*
- *Otras*

PROCESO

PRODUCTOS

- *Producto*
- *Coproductos*

Gestión Ambiental

METODOLOGÍA ACV
Análisis de inventario



Edmundo Muñoz Alvear

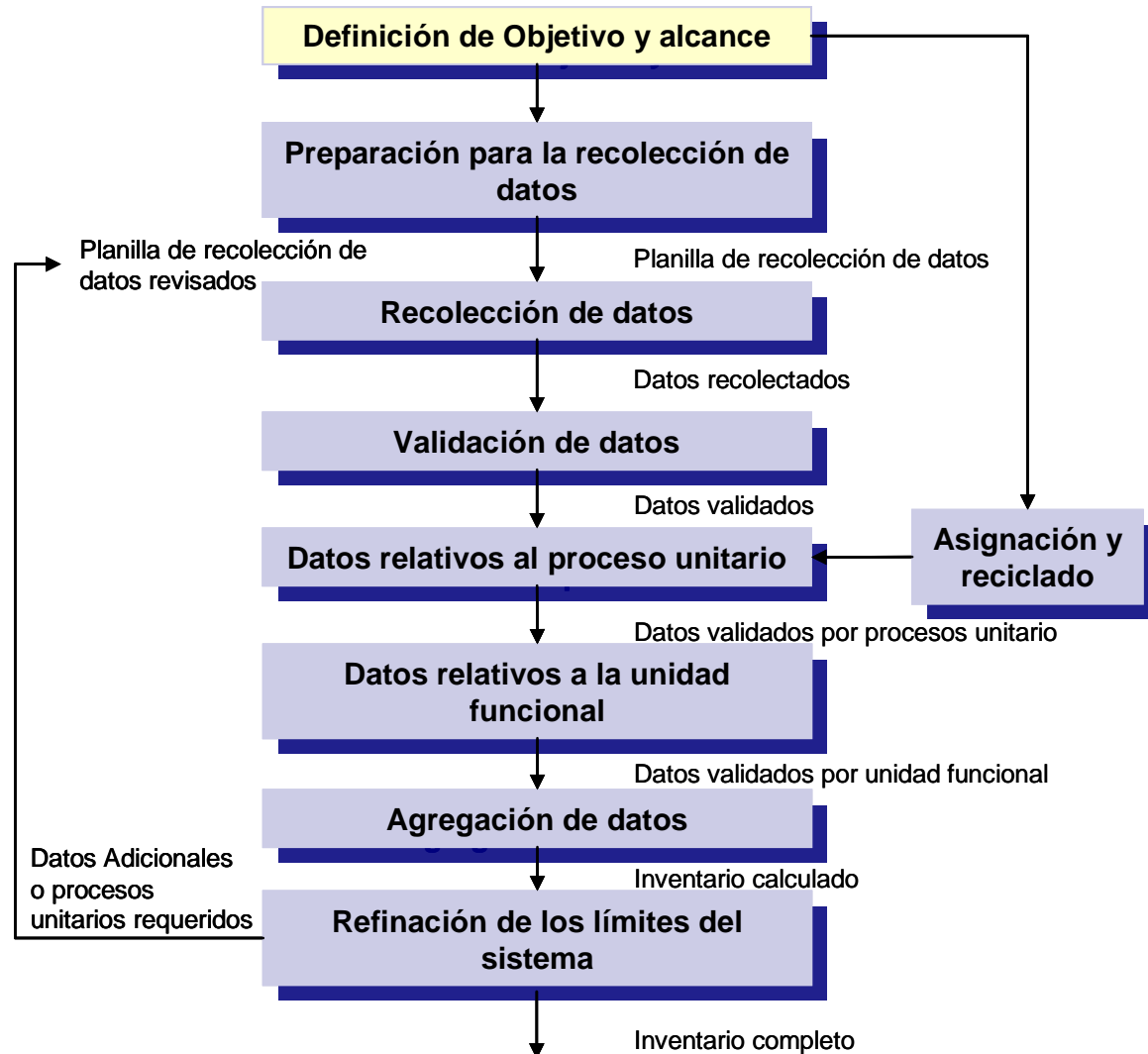
2015



ANÁLISIS DE INVENTARIO

La definición de los objetivos y alcance de un estudio provee el plan inicial para llevar a cabo un estudio de ECV.

Un análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ICV) está relacionado con la recolección de datos y los procedimientos de cálculo.





ANÁLISIS DE INVENTARIO

Recopilación de datos (4.3.2 - ISO 14044)

- Los datos a incluir en el inventario deben recopilarse para cada proceso unitario incluido dentro de los límites del sistema
- Los datos obtenidos ya sean **medidos** , **calculados** o **estimados** se utilizan para estimar las entradas y salidas
- Se debe **referenciar la fuente** de datos
- Se debe indicar si los datos no cumplen con los requisitos de calidad de datos
- Se debe registrar una descripción de cada proceso unitario



ANÁLISIS DE INVENTARIO

Preparación para la recolección de los datos

- *Diagramas de flujo*
- *Descripción de procesos unitarios*
- *Descripción de técnicas de recolección de datos*
- *Entregar instrucciones a las locaciones*

Recolección de los datos

Nombre del producto intermedio	Transporte por ruta			
	Distancia, km	Capacidad de los camiones, ton	Carga actual, ton	Retorno sin carga (si/no)



ANÁLISIS DE INVENTARIO

Cálculo de datos (4.3.3 - ISO 14044)

- Todos los procedimientos de cálculo se deben documentar.
- Se deben explicar las suposiciones realizadas



ANÁLISIS DE INVENTARIO

Validación de los datos

- Mediante **balances de materia** y **energía** de entradas y salidas.
- Análisis comparativo de factores de emisión

Relación de los datos con el proceso unitario, unidad funcional.

- Para cada proceso unitario se debe determinar un flujo adecuado y calcular los datos de entrada y salida
- Se deben relacionar todas las entradas y salidas con el flujo de referencia
- Se deben sumar (agregar) datos relacionados con sustancias equivalentes y con impactos similares.



ANÁLISIS DE INVENTARIO

Ajuste de los límites del sistema

- Debido a la naturaleza iterativa del ACV, las decisiones con respecto a los datos a incluir deben basarse en un análisis de sensibilidad para determinar su importancia.

EJEMPLO

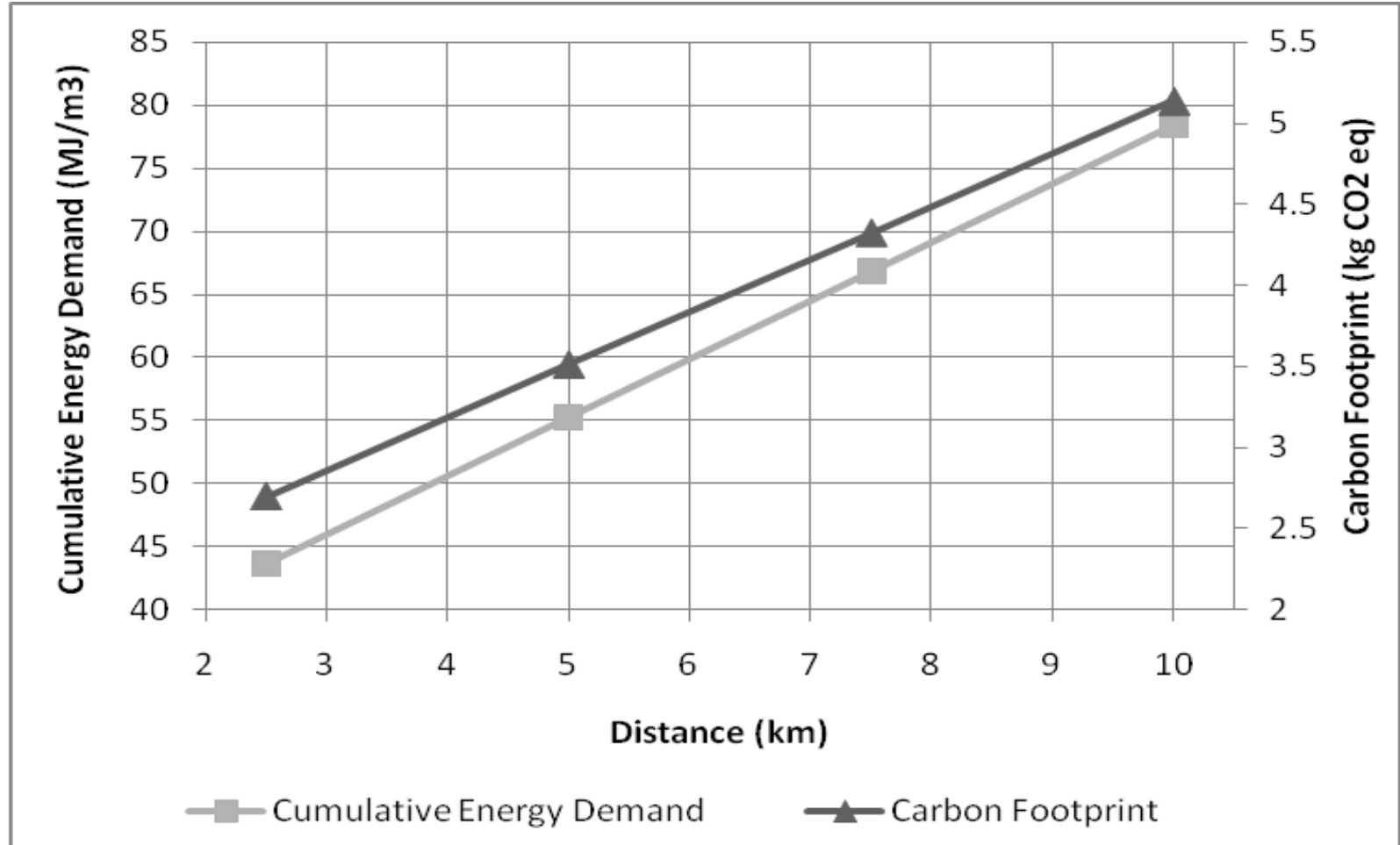
Determinar los gases de efecto invernadero de la aplicación de gravillas en una plaza de la comuna de Temuco.

Datos.

- Requerimiento de áridos: 8 m³
- Emisión del ciclo de vida de áridos: 2,7 kg CO₂/m³ (Muñoz et al., 2011)
- Distancia plaza-planta de áridos 10 km
- Emisión del camión: 0,5 kg CO₂/km recorrido



Influencia de la distancia de transporte extracción a planta





ANÁLISIS DE INVENTARIO

Datos relativos al proceso unitario, unidad funcional y agregación

PRINCIPALES ASPECTOS AMBIENTALES MATERIALES Y ENERGETICOS DIRECTOS, ASOCIADOS A LA PRODUCCION DE CONCENTRADO DE COBRE	
Unidad funcional : 1 tonelada de cobre en el concentrado	
	TONELADAS / TONELADA COBRE EN EL CONCENTRADO
<i>Principales Entradas Directas a la Planta MEL</i>	
Mineral sulfurado	61,3
Consumo neto de agua	40,5
Consumo de Combustible	0,065
Consumo de Explosivos	0,053
Consumo de Energía (MWh/ton concentrado)	1,3
Consumo de bolas de acero	0,043
Consumo de Espumantes y Floculantes	0,00003
Consumo de Cal	0,11
Consumo de Sulfidrato de sodio	0,003
Consumo de CFC-22	8 10⁻⁸
<i>Principales Salidas de la Planta MEL</i>	
Cobre en el concentrado	1
Emisiones de CO₂	0,2
Emisiones de SO₂	0,0005
Emisiones de NO_x	0,06
Emisiones de CH₄	0,0003
Residuos líquidos	0,35

Gestión Ambiental

METODOLOGÍA ACV

Evaluación de impactos del CV



Dr. Edmundo Muñoz Alvear

2016



EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

El propósito de la EICV

Evaluar los resultados del ICV de un sistema producto para comprender mejor su significancia ambiental.



EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

La EICV puede ser utilizado para:

- Identificar y ayudar a la priorización de las oportunidades de mejora de un sistema producto.
- Caracterizar u ordenar por importancia un sistema producto y sus procesos unitarios a través del tiempo



EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

Objetivos de la EICV

- Examinar el sistema producto desde una perspectiva ambiental, usando **categorías de impacto** e **indicadores de categoría**, en relación con los resultados del ICV. La fase de EICV también entrega información para la fase de interpretación del ciclo de vida.



EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

DEFINICIONES

Categoría de impacto: clase que representa temas ambientales de interés, dentro de la cual se puede asignar resultados del ICV

Indicador de categoría de impacto: representación cuantificada de una categoría de impacto

Factor de caracterización: factor derivado de un modelo de caracterización que se aplica para convertir los resultados asignados del ICV a la unidad común del indicador de categoría

DEFINICIONES → Concepto

Categoría de impacto: clase que representa temas ambientales de interés a los cuales se les pueden asignar los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida.

EJEMPLOS:

- *Cambio climático*
- *Eutrofización*
- *Acidificación*
- *Toxicidad humana*
- *Agotamiento del ozono*
- *Pérdida de biodiversidad*
- *Demanda acumulada de energía*
- *Ecotoxicidad (terrestre, acuática)*
- *Agotamiento de recursos abióticos*





EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV





EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

CATEGORÍAS DE IMPACTO INDICADORES DE CATEGORÍA

Categoría de impacto	Área de Protección ⁽¹⁾	Unidades ⁽²⁾	Escala geográfica
Entradas			
Agotamiento recursos abióticos	IV	kg Sb a ^{-1 (4)}	Global
Energía	IV	MJ kg ⁻¹	Global
Uso del suelo Competitividad	IV		Local
Pérdida soporte vida	I, II, III		Local
Pérdida Biodiversidad	II		Local
Salidas			
Cambio climático	I, II, III	kg CO ₂	Global
Agotamiento Ozono	I, II, III, IV	kg CFC11	Global
Acidificación	I, II, III, IV	kg SO ₂	Continental/regional/local
		kg H ⁺ ⁽⁴⁾	Global
Eutrofización	I, III, IV	kg PO ₃ ⁻	Continental/regional/local
Formación Foto-oxidantes	I, II, III, IV	kg etileno	Continental/regional/local
Toxicitat humana	I	kg 124 DCB	Continental/regional/local
		kg Pb aire ⁽⁵⁾	Global
Ecotoxicitat Terrestre	II, IV	kg 124 DCB	Continental/regional/local
		kg Zinc aire ⁽⁵⁾	Global
Acuática marina	II, IV	kg 124 DCB	Continental/regional/local
Acuática agua dulce	II, IV	kg 124 DCB	Continental/regional/local
		kg Zinc agua ⁽⁵⁾	Global
Sedimento agua dulce	II, IV	kg 124 DCB	Continental/regional/local
Sedimento marino	II, IV	kg 124 DCB	Continental/regional/local
Otros			
Desecación		m ³	Local
Radiaciones			Regional/local
Olor			Local
Ruido			Local



DEFINICIONES → Concepto

Indicador de categoría de impacto: representación cuantificable de una categoría de impacto

EJEMPLOS:

Indicadores (CML 2000)

- *Cambio climático* → kg CO₂ eq
- *Eutrofización* → kg PO₄⁻³ eq
- *Acidificación* → kg SO₂ eq
- *Toxicidad humana* → kg 1,4 DCB eq
- *Agotamiento del ozono* → kg CFC-11 eq
- *Oxidación fotoquímica* → kg C₂H₄ eq

Otras metodologías

- *Demanda acumulada de energía* → MJ eq (CED)
- *Uso de suelo* → PDF m² yr (EI 99)
- *Cancerígenos* → DALY (EI 99)



DEFINICIONES → Concepto

Factor de caracterización: factor derivado de un modelo de caracterización que se aplica para convertir un resultados de inventario del ciclo de vida asignado a la unidad común del indicador de categoría

$$IC = \sum_i FC_i \cdot m_i$$

AC = Indicador de categoría

m_i = masa en kg de sustancia i

FC_i = Factor de caracterización



EVALUACIÓN DE IMPACTO (midpoint)

INVENTARIO

Benceno
CO₂
Petróleo
As
CH₄
NH₃
2,4 D
N₂O
NTK
PO₄⁻³
PM₁₀
NO₂⁻
Gas Nat.
Carbón

Clasificación

Cambio Climático

Agotamiento de RA

Eutrofización

Toxicidad humana

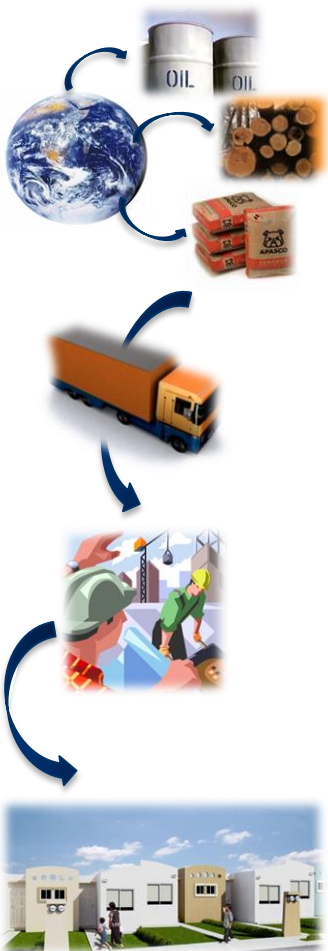
Caracterización

<i>i</i>	<i>FC</i>	--> <i>kg CO₂ eq</i>
CO ₂	1	$CC = \sum_i FC_i \cdot m_i$
CH ₄	23	
N ₂ O	298	

<i>i</i>	<i>FC</i>	--> <i>kg Sb eq</i>
Petróleo	0,0201	$AR = \sum_i FC_i \cdot m_i$
Gas Nat.	0,0187	
Carbón	0,0671	

<i>i</i>	<i>FC</i>	--> <i>kg PO₄⁻³ eq</i>
PO ₄	1	$Eu = \sum_i FC_i \cdot m_i$
NH ₃	0,35	
NO ₂ ⁻	0,1	

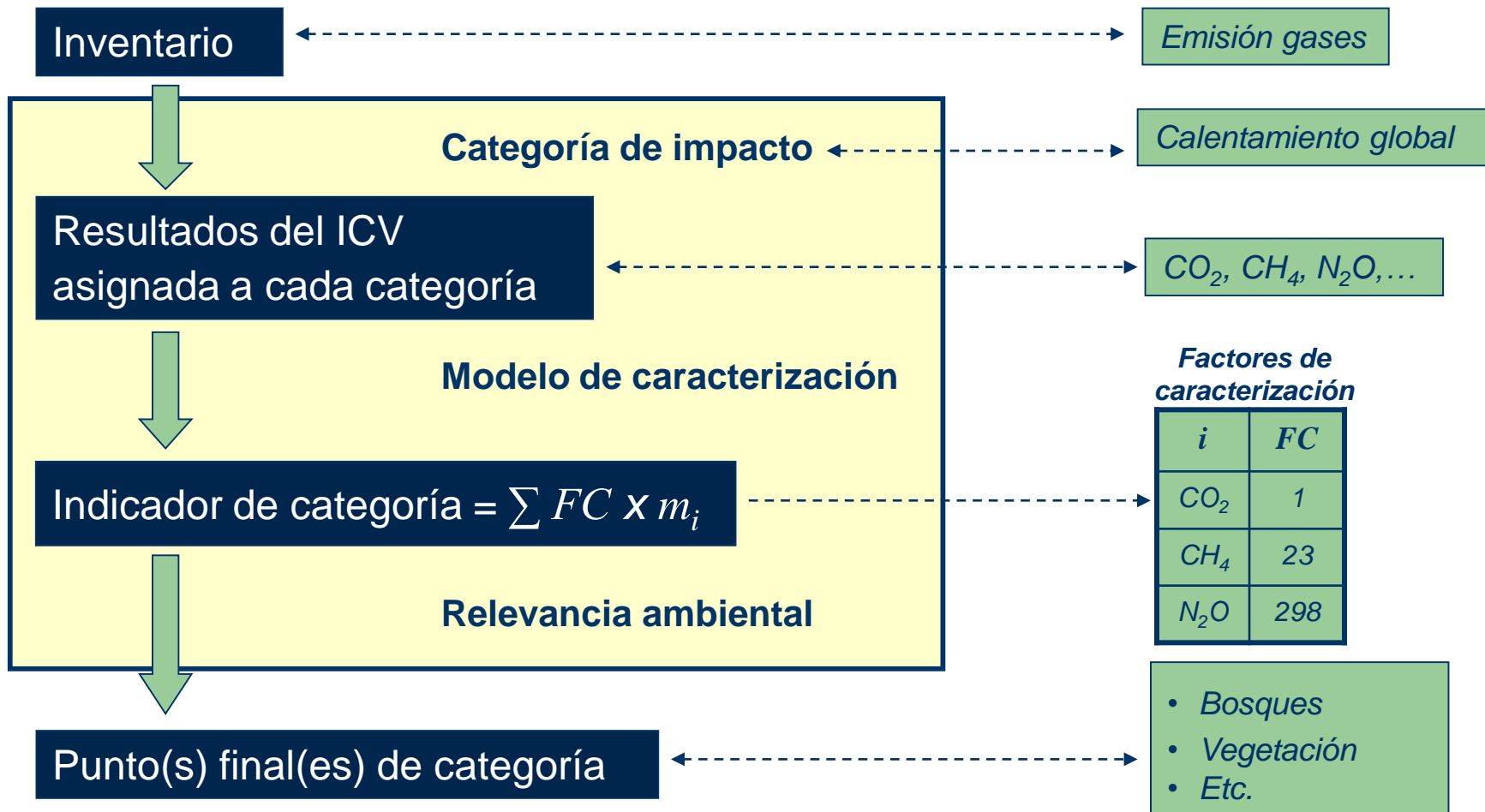
<i>i</i>	<i>FC</i>	--> <i>kg 1,4 DCB eq</i>
Benceno	1.900	$TH = \sum_i FC_i \cdot m_i$
PM ₁₀	0,82	
2,4 D	6,64	





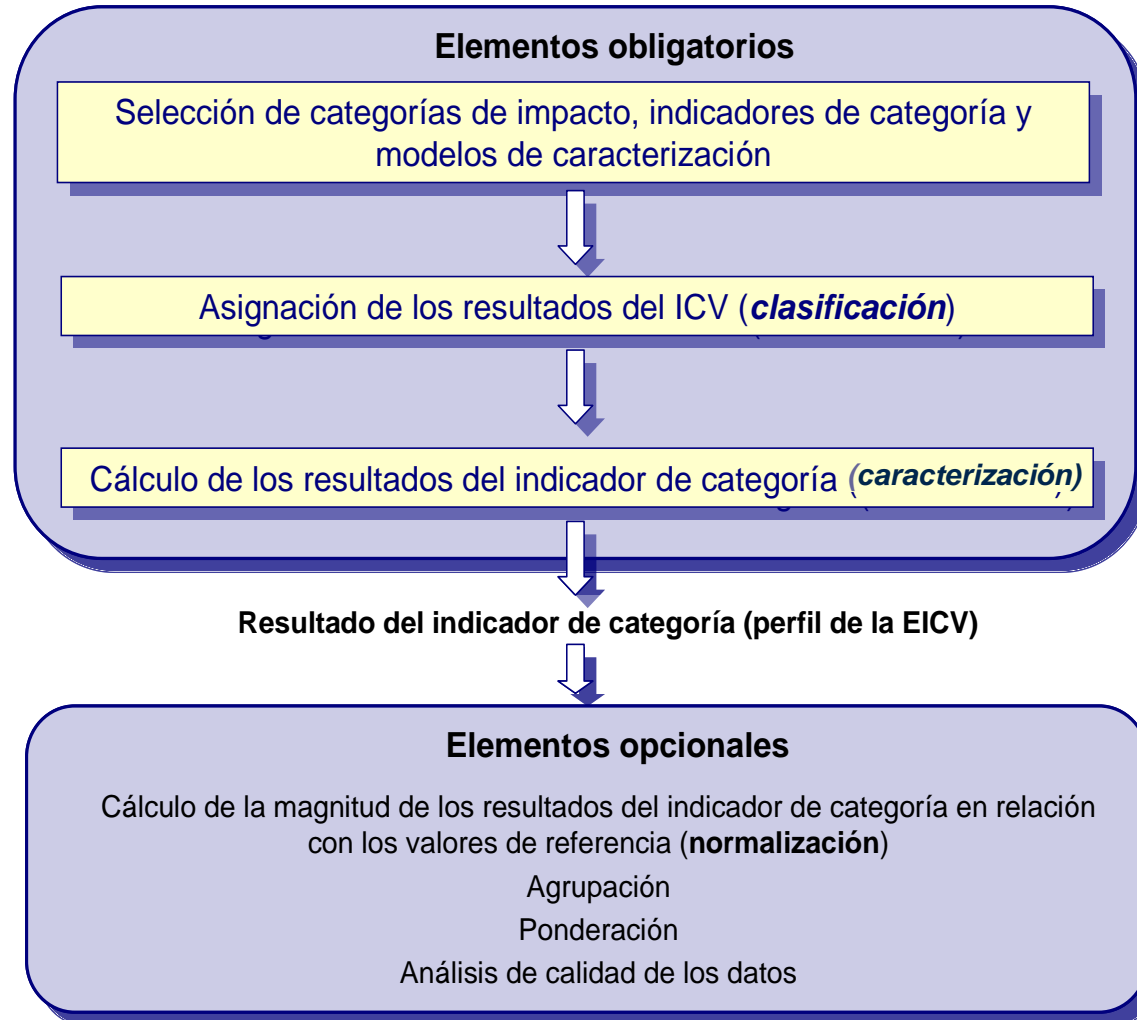
EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

Indicador de categoría



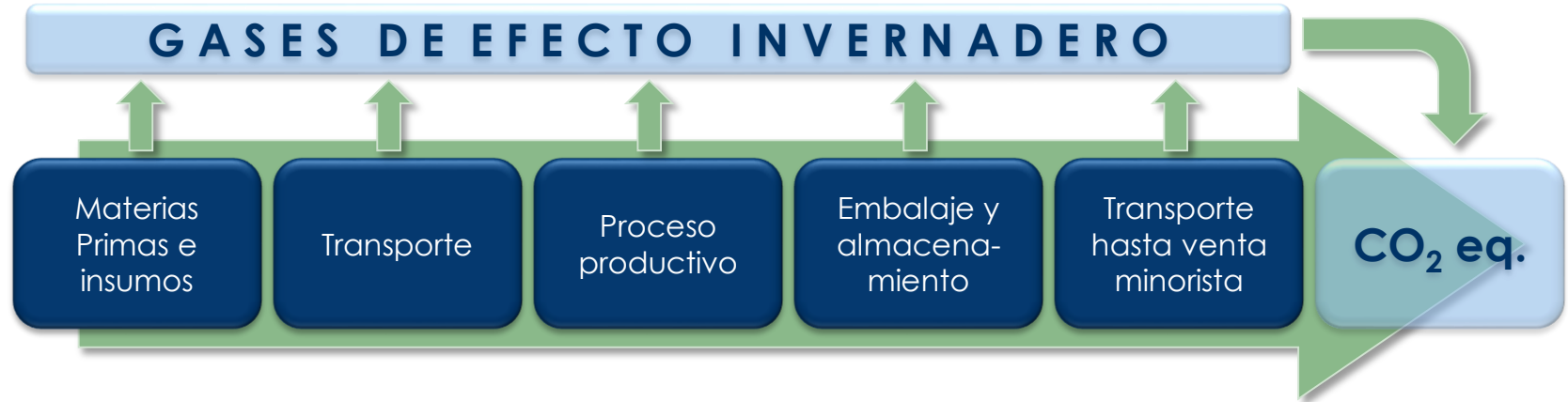


EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV





HUELLA DE CARBONO

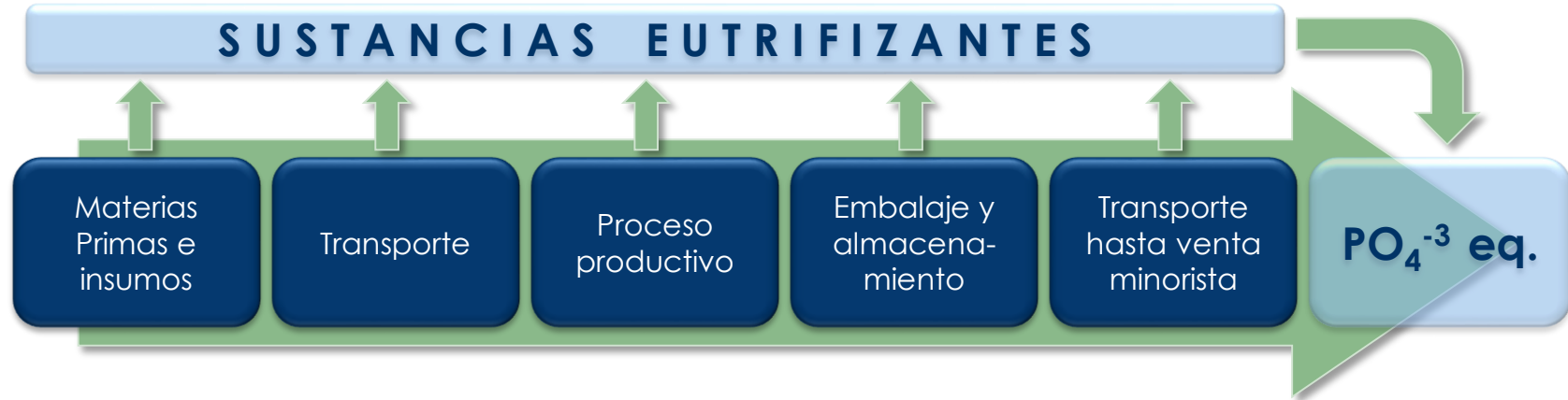


$$\text{Huella de Carbono} = \sum GEI_i \cdot GWP_i$$

Sustancia	Formula Química	GWP para 100 años (CO ₂ equivalente)
Dioxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Oxido nitroso	N ₂ O	298
CFC-11	CCl ₃ F	4.750



EUTROFIZACIÓN



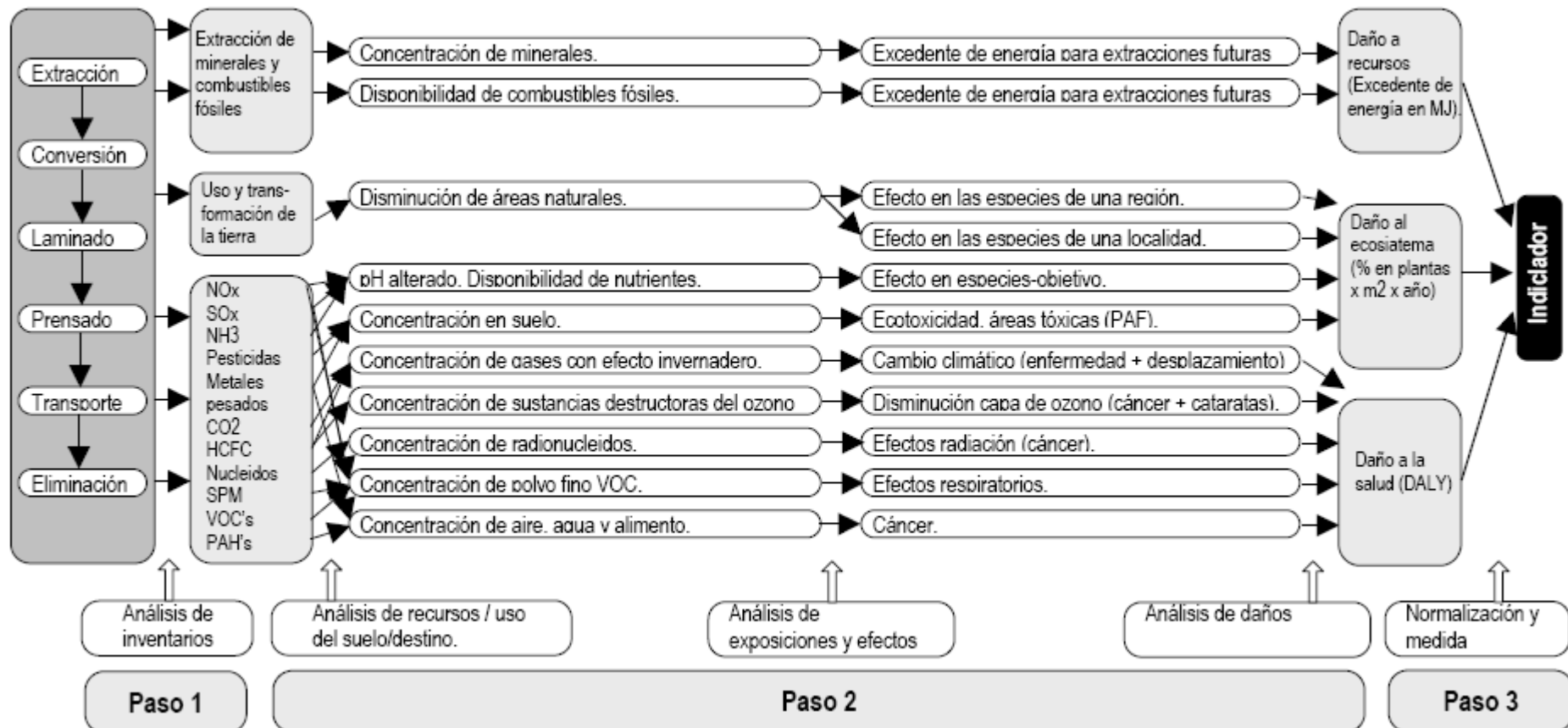
$$Impacto_{Categor.} = \sum_i m_i \times FC_{Categor.,i}$$

Sustancia	Formula Química	Factor de caracterización CML, 2001 (PO_4^{-3} equivalente)
Fosfato	H_3PO_4	1
Amoniaco	NH_3	0,35
Óxidos de nitrógeno	NO_x	0,33
Amonio	NH_4^+	0,13



EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

PONDERACIÓN:





EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CV

Ponderación:

Ponderar es el proceso de convertir los resultados del indicador de diferentes categorías de impacto mediante la utilización de factores numéricos basados en elecciones de valor

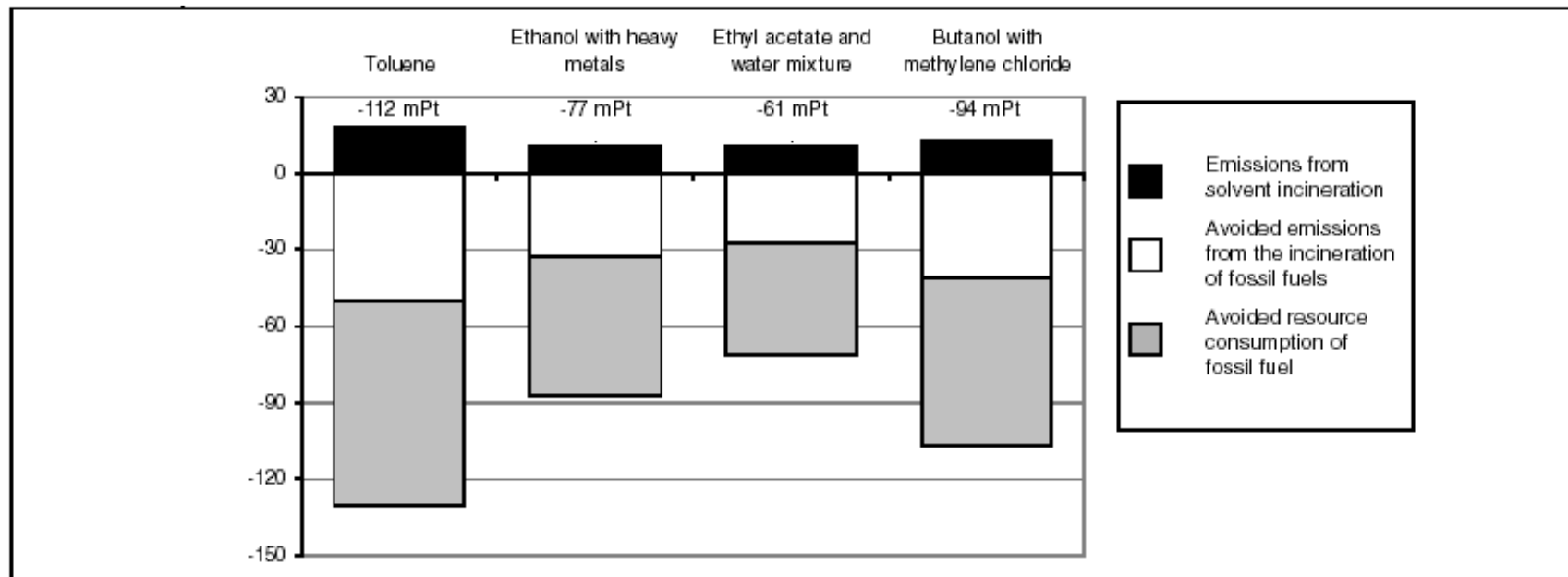


Fig. 4: Eco-profiles of the four waste solvents under study. Assessment method: Eco-Indicator 99, hierarchist type. Results are given in milli-Eco-points (mPt). Only those fuel-related emissions were assessed that may change as a consequence of fuel substitution (Table 9)

Gestión Ambiental

INTRODUCCIÓN A ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA



Dr. Edmundo Muñoz Alvear

2016