

# GESTIÓN AMBIENTAL

## UNIDAD 2B. Metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV)



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**



Ing. Clarisa Alejandrino

Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS)

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Cuyo

## **UNIDAD 2: INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

### **2.B. Metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**

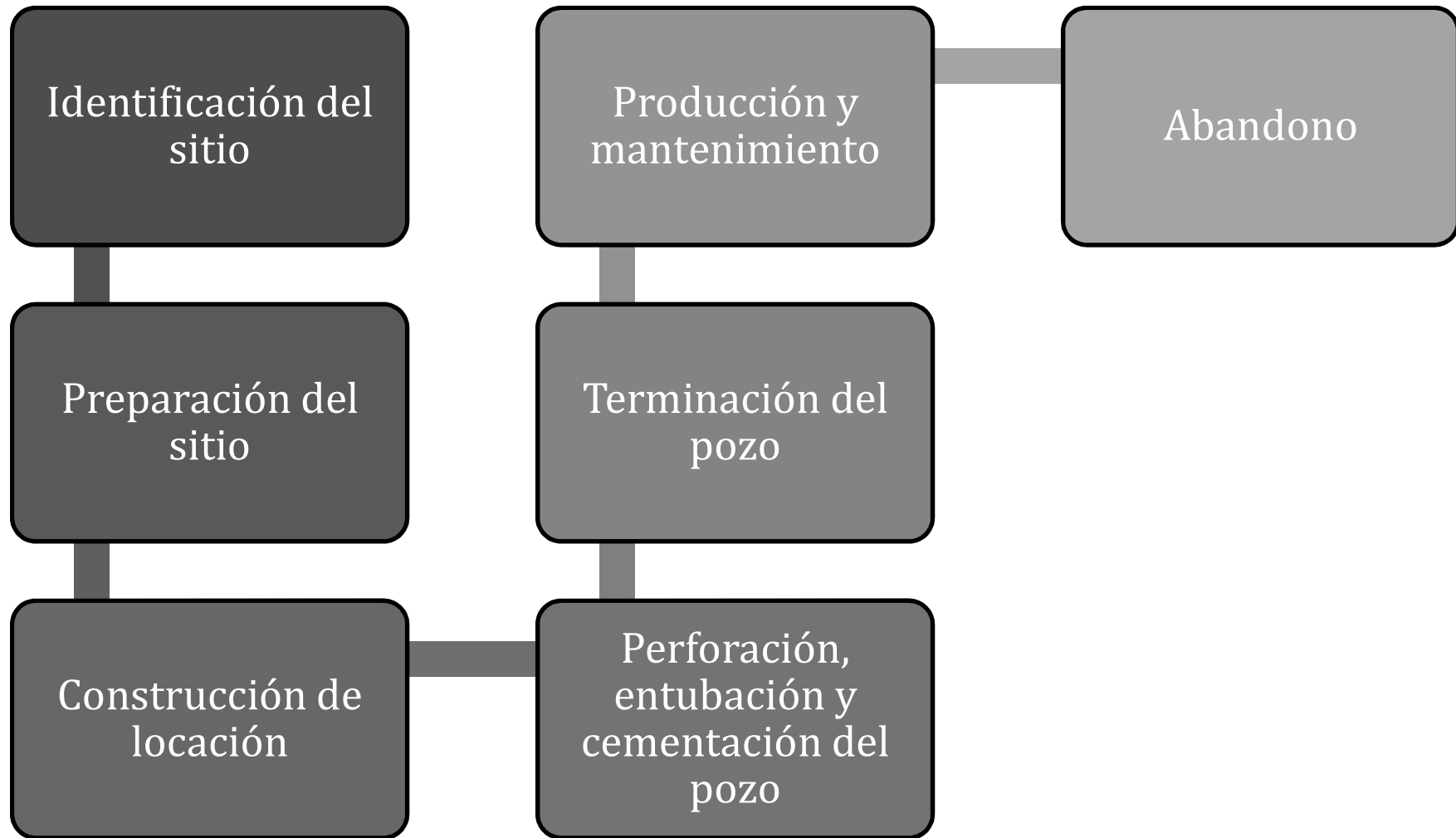
- Ciclo de vida de un producto o servicio.
- Definición de ACV de un sistema.
- Estructura del ACV.
- Objetivos, alcance y unidad funcional.
- Análisis de inventario.
- Evaluación del impacto.
- Interpretación.
- Aplicaciones

# CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO



**Figura 1** Ciclo de vida de un producto

# CICLO DE VIDA DE UN POZO



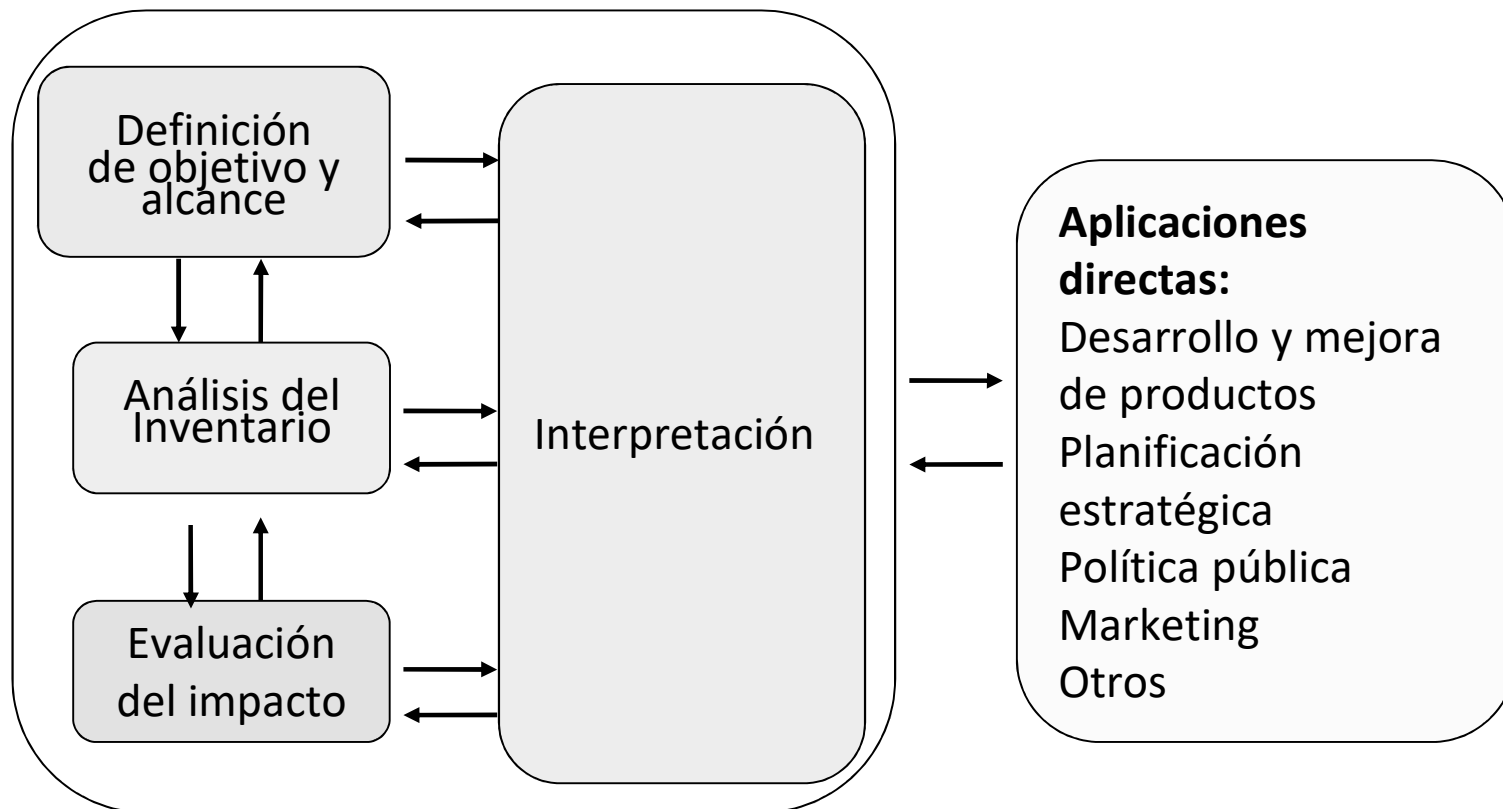
# Definición de Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Es un **proceso objetivo** para evaluar las **cargas ambientales** asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y **cuantificando** el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar las **consecuencias** que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica **estrategias** de mejora ambiental. (ISO, 2006).

# CASO DE ESTUDIO

Análisis de Ciclo de Vida de un sistema de explotación y producción de shale gas en España

## ETAPAS SEGÚN ISO 14040 Y 14044 (2006)



- Se definen los **OBJETIVOS** del estudio, el producto implicado, la audiencia a la que se dirige.
- Se establece el **ALCANCE** o magnitud del estudio (límites del sistema).
- Se elige la **UNIDAD FUNCIONAL**, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica



## 1. OBJETIVO

### ¿Para qué se realiza?

- Comparar dos productos o servicios
- Identificar procesos más contaminantes de un sistema
- Evaluar un sistema o servicio en general

### ¿A quién esta dirigido?

- Uso interno de la empresa
- Publicidad

### ¿Qué aplicación se pretende?

## 1. OBJETIVO - CASO

### ¿Para qué se realiza?

Este estudio evalúa los impactos ambientales asociados con un sistema de explotación y producción de shale gas.

### ¿A quién esta dirigido?

Uso interno de la empresa

### ¿Qué aplicación se pretende?

Comparar las cargas ambientales de cada etapa del ciclo de vida del proyecto

## 2. ALCANCE

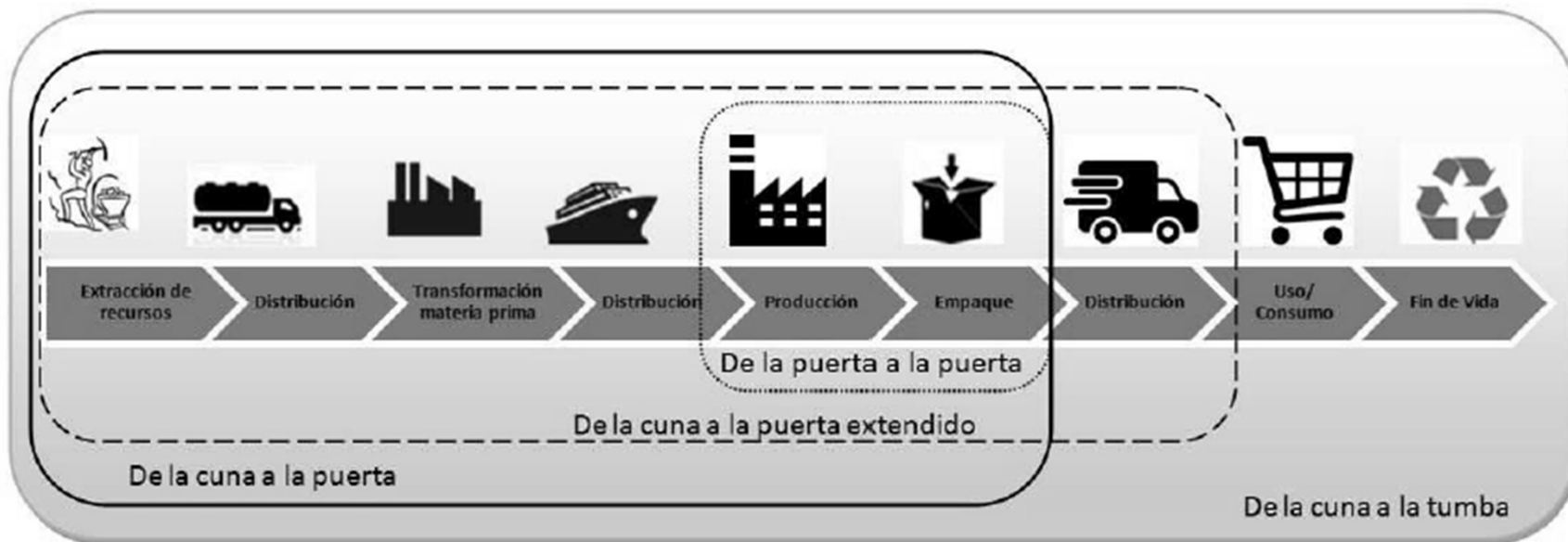
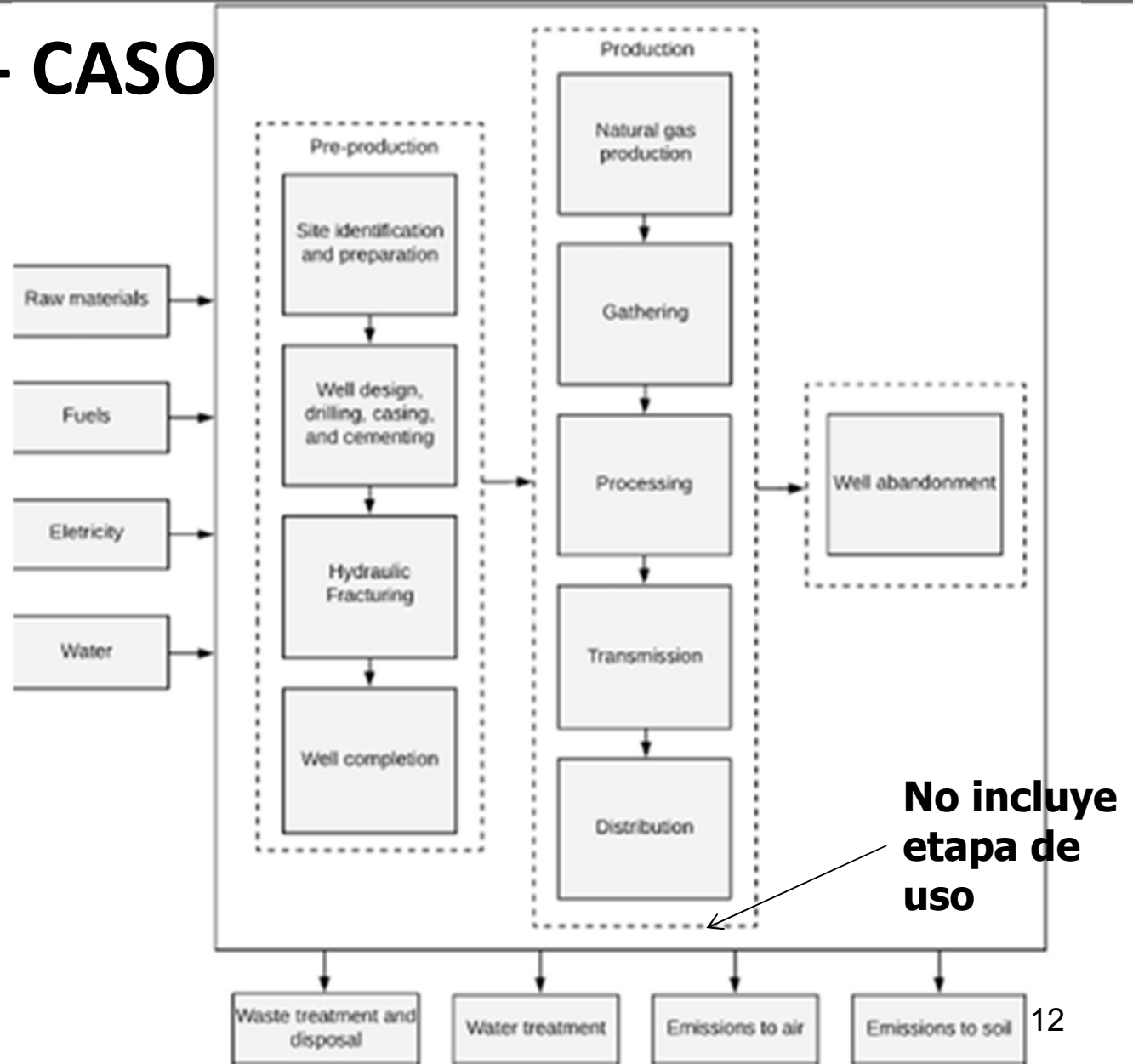


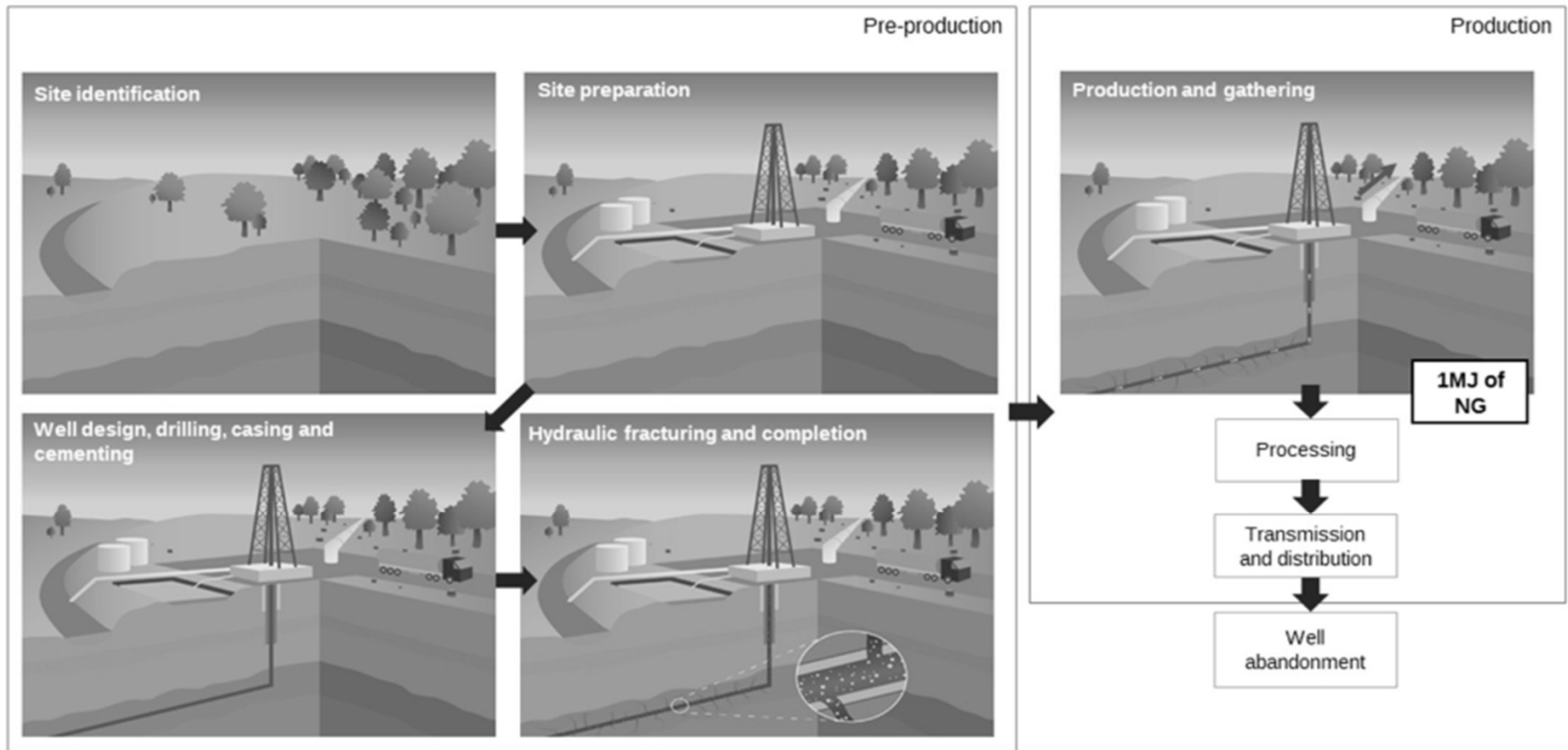
Figura 5. Límites del sistema típicamente utilizados en un Análisis del Ciclo de Vida

## 2. ALCANCE - CASO



# OBJETIVO Y ALCANCE

## 2. ALCANCE - CASO



## 2. ALCANCE

- **Límites del sistema:** Se consideran todas las etapas excepto la etapa de uso.
- **Área geográfica:** Burgos, España
- **Periodo de tiempo:** 30 años de vida del pozo
- **Tecnología:** Moderna
- **Fuentes de datos y requisitos de calidad:** Bases de datos y de otros casos similares.
- **Representatividad de los datos:** Caso puntual

## 3. UNIDAD FUNCIONAL

**Es la unidad a la cual van referidas todas las entradas y salidas del sistema. Sólo pueden compararse productos con una misma unidad funcional.**

La Unidad Funcional del caso de aplicación es 1 MJ de gas natural procesado considerando un poder calorífico inferior de 41,4MJ/m<sup>3</sup> y una densidad de 0,86 kg/m<sup>3</sup>.

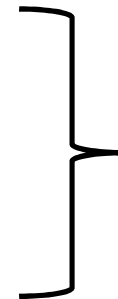
Es una lista cuantificada de todos los **flujos entrantes y salientes** del sistema durante todo el ciclo de vida, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema, así como las emisiones producidas.



## 1. Datos del inventario

### Datos de campo (Dato Primario)

- Comunicaciones personales
- Medidas directas
- Documentos publicados



**Opción recomendada**

### Datos de otros estudios

### Bases comerciales (Dato Secundario)

- Idemat/ Holanda
- Ecoinvent/ Suiza
- Franklin/ EE. UU.



**¡IMPORTANTE!**  
**Matriz Eléctrica**

**El proceso de recopilación de datos es el que más recursos consume dentro del ACV y es la etapa más crítica**

## 1. Datos de Inventario – Caso de Estudio

Para el inventario se tomaron **datos secundarios** de proyectos con características similares y de bases de datos comerciales.

## 2. Resultados del inventario

Se obtiene la **cuantificación** de las **entradas** de materiales y energía del ambiente; y de las **salidas** al ambiente, diferenciando entre emisiones atmosféricas, vertidos al agua y suelos, residuos sólidos y otros aspectos ambientales (ruido, radiactividad, etc.), para el sistema en su conjunto y/o para cada proceso unitario que lo compone.

## 2. Resultados del inventario

Ejemplo: El consumo de 0,5 kg de gas oil produce las siguientes emisiones

Emissions to air	
Carbon dioxide, fossil	0,69233 kg
Sulfur dioxide	0,00021898 kg
Cadmium	2,4058E-09 kg
Copper	7,6343E-07 kg
Chromium	1,6749E-08 kg
Nickel	2,0313E-08 kg
Zinc	6,1448E-07 kg
Lead	2,826E-08 kg
Selenium	2,1898E-09 kg
Mercury	4,3795E-12 kg
Chromium VI	2,1898E-11 kg
Carbon monoxide, fossil	0,0014421 kg
Nitrogen oxides	0,0068832 kg
Particulates, < 2.5 um	0,00020828 kg
Particulates, > 10 um	0,00005664 kg
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	0,000061589 kg
NM VOC, non-methane volatile organic c	0,00031913 kg
Methane, fossil	9,6036E-06 kg
Benzene	1,2805E-06 kg
Toluene	6,6825E-06 kg
Xylene	3,2012E-06 kg
Formaldehyde	0,00032806 kg
Acetaldehyde	0,00017848 kg
Ammonia	0,000005 kg
Dinitrogen monoxide	8,8345E-06 kg
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	0,000000001 kg
Heat, waste	9,8759 MJ

En esta etapa se realiza una **clasificación y evaluación de los resultados** del inventario, y se relacionan con efectos ambientales observables

Implica relacionar los datos de las **emisiones** cuantificadas en el ICV con **categorías de impacto**, y medir la magnitud relativa de la **contribución** de cada contaminante a esas categorías.

## SUB-ETAPAS DE EICV

Obligatorias	Opcionales
<p><i>3.1 Selección de categorías de impacto</i></p> <p><i>3.2 Clasificación de emisiones según categorías</i></p> <p><i>3.3 Caracterización</i></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <b>Normalización:</b> “adimensionalización” de las categorías</li><li>➤ <b>Ponderación:</b> agregación de los resultados de cada categoría en un único indicador</li></ul>

## EJEMPLO DE CATEGORÍAS DE IMPACTO

Categoría	Unidad	Alcance espacial
Calentamiento global GWP	g CO <sub>2</sub>	Global
Acidificación AP	g SO <sub>2</sub>	Regional
Eutrofización EP	g NO <sub>3</sub>	Regional y local
Destrucción de la capa de ozono DOP	g CFC-11	Global
Oxidación fotoquímica POP	g de ethene	Regional y local
Toxicidad HTP	g 1,4 dicloro-benceno	Local y global

# EVALUACIÓN DE IMPACTOS (EICV)

## CLASIFICACIÓN DE EMISIONES POR CATEGORÍA DE IMPACTO - Ejemplo

Emissions to air			
Carbon dioxide, fossil		0,69233 kg	
Sulfur dioxide		0,000021898 kg	
Cadmium		2,4058E-09 kg	
Copper		7,6343E-07 kg	
Chromium		1,6749E-08 kg	
Nickel		2,0313E-08 kg	
Zinc		6,1448E-07 kg	
Lead		2,826E-08 kg	
Selenium		2,1898E-09 kg	
Mercury		4,3795E-12 kg	
Chromium VI		2,1898E-11 kg	
Carbon monoxide, fossil		0,0014421 kg	
Nitrogen oxides		0,0068832 kg	
Particulates, < 2.5 um		0,00020828 kg	
Particulates, > 10 um		0,00005664 kg	
Particulates, > 2.5 um, and < 10um		0,000061589 kg	
NM VOC, non-methane volatile organic c		0,00031913 kg	
Methane, fossil		9,6036E-06 kg	
Benzene		1,2805E-06 kg	
Toluene		6,6825E-06 kg	
Xylene		3,2012E-06 kg	
Formaldehyde		0,000032806 kg	
Acetaldehyde		0,000017848 kg	
Ammonia		0,000005 kg	
Dinitrogen monoxide		8,8345E-06 kg	
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		0,000000001 kg	
Heat, waste		9,8759 MU	

Categoría
Calentamiento global GWP
Acidificación AP
Eutrofización EP
Destrucción de la capa de ozono DOP
Oxidación fotoquímica POP
Toxicidad HTP



## CARACTERIZACIÓN

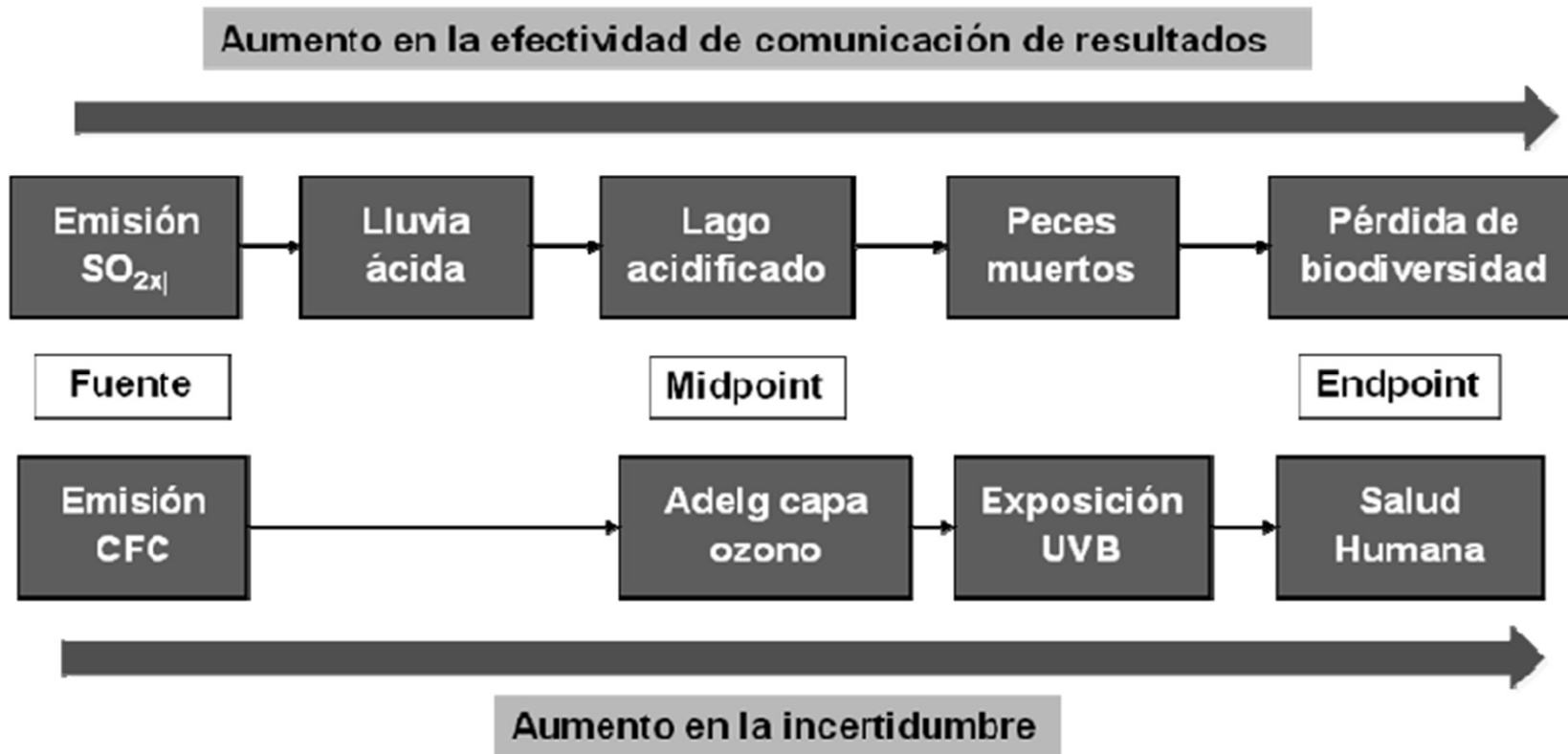
Calculo de indicadores por categoría – Ejemplo calentamiento global

SUSTANCIA	FACTOR DE CARACTERIZACION
Dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	1
Metano CH <sub>4</sub>	24
Halon 1301 CF <sub>3</sub> Br	6900
Oxido de Nitrógeno N <sub>2</sub> O	360
Tetrafluoruro de carbono CF <sub>4</sub>	5700

$$CCI = \sum_1 GWP_i \times m_i$$

CCI: Indicador de calentamiento global [kg eq. CO<sub>2</sub>]  
m<sub>i</sub>: cantidad de emisión de la sustancia

# EVALUACIÓN DE IMPACTOS (EICV)

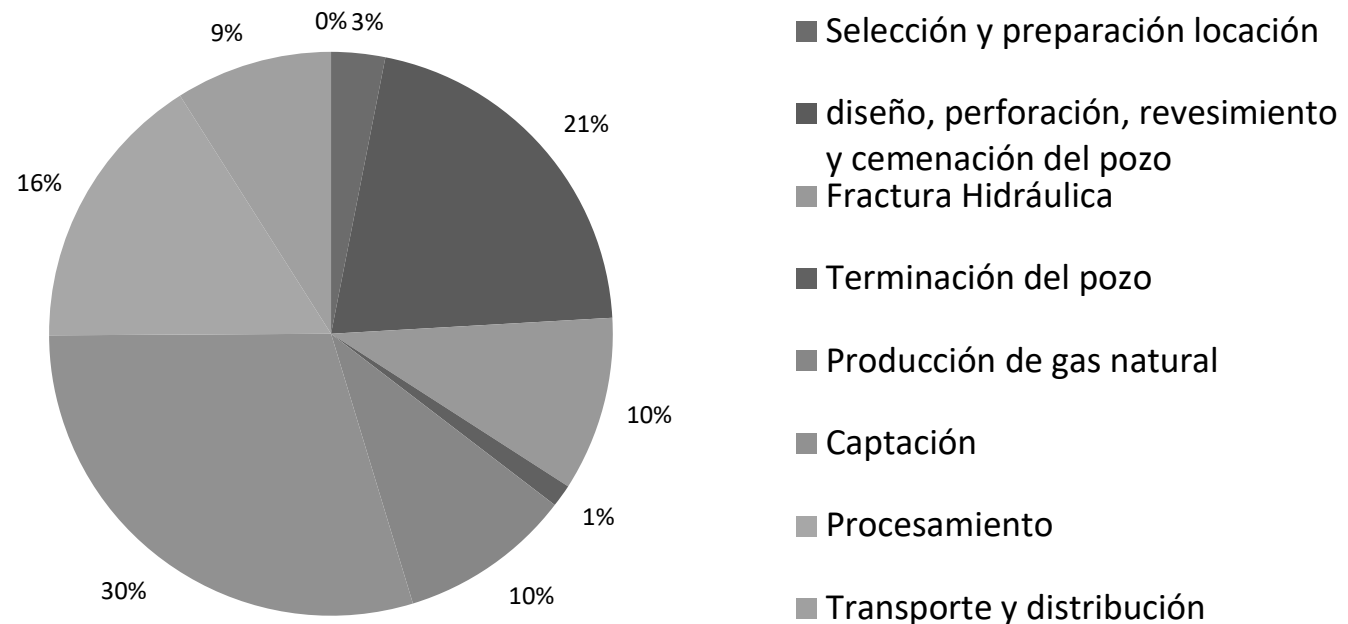


# EVALUACIÓN DE IMPACTOS (EICV)

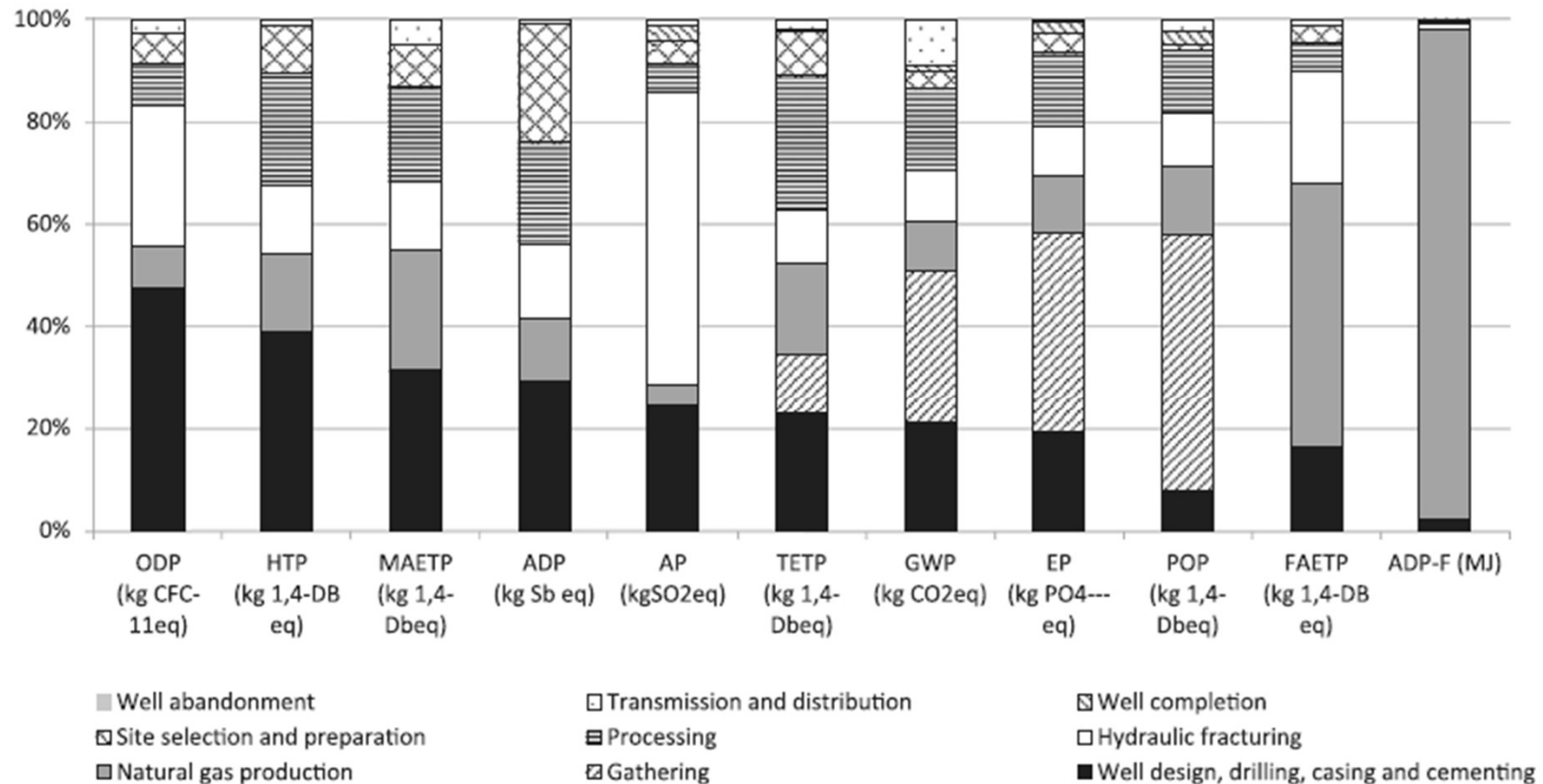
## Diagrama ECOINDICADOR 99



## CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS - CASO DE ESTUDIO CALENTAMIENTO GLOBAL



## CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS - CASO DE ESTUDIO



¿Qué se obtiene de la interpretación?

Recomendaciones de mejora del producto o servicio

- Cambios en el proceso
- Cambios en el diseño
- Sustitución de materias primas

Análisis de sensibilidad de los resultados

- Identificación de variables significativas
- Inclusión- exclusión de datos
- Exclusión de etapas del proceso no significativas
- Omisión de entradas- salidas

- PROBLEMAS PARA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN NECESARIA
- DIFICULTAD EN ASIGNAR LÍMITES DEL SISTEMA
- PROBLEMAS EN LA DEFINICIÓN DE UNIDAD FUNCIONAL
- DIFERENCIA DE CRITERIOS EN LA ASIGNACIÓN DE IMPACTOS
- INTERPRETACIÓN SUJETA A INCERTIDUMBRE Y A SUPUESTOS REALIZADOS

- ISO 14040 (2006) Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and Framework. European Committee for Standardization (CEN)
- ISO 14044 (2006) Environmental management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines
- Mercante (2018) Unidad 3-c: Metodología de Análisis de Ciclo de Vida. Cátedra de Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo.
- Costa, D., Neto, B., Danko, A., Fiúza, A. (2018) Life Cycle Assessment of a shale gas exploration and exploitation project in the province of Burgos, Spain. Science of the total environment. 645:130-145



# MUCHAS GRACIAS!

[clarisa.alejandrino@ingenieria.uncuyo.edu.ar](mailto:clarisa.alejandrino@ingenieria.uncuyo.edu.ar)



Área responsable

Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS), Certificado por el DNV GL para: Servicios de transferencia e investigación, desarrollo e innovación de herramientas para la gestión ambiental de recursos, procesos y residuos: auditorías, estudio de riesgos y análisis de ciclo de vida. Dictámenes técnicos e informes ambientales., es conforme a la Norma del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2015

Transferency and research services, development and innovation of environmental management of resources' tools, processes and waste: audits, study of risks and analysis of life cycle. Technical dictatements and environmental reports, has been found to conform to the Quality Management System standard: ISO 9001:2015

COMPANY WITH  
QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001