

CURSO DE POSGRADO

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CON PERSPECTIVA DE CICLO DE VIDA

Dra. Ing. Clarisa Alejandrino
21 de agosto de 2024



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

Universidad Nacional
de General Sarmiento



PLANIFICACIÓN DEL CURSO



Clase	Fecha	Modalidad	Hs.	Unidad
1	12-ago	Presencial remoto	4	1. Enfoque de ciclo de vida para productos, procesos y servicios.
Actividad 1	14-ago	Virtual	2	
2	14-ago	Presencial remoto	4	2. Estructura metodológica del ACV según ISO 14040 y 14044.
3	15-ago	Presencial remoto	4	
Actividad 2	22-ago	Virtual	2	
4	19-ago	Presencial remoto (Prog. Informáticos)	4	
5	21-ago	Presencial remoto	4	3. Análisis de sostenibilidad de ciclo de vida. Tratamiento de incertidumbre.
6	22-ago	Presencial remoto (Prog. Informáticos)	4	
7	28-ago	Presencial remoto	4	Seminario Internacional
Trabajo final	10-sep	Virtual	8	Actividad integradora
Total de horas:			40	

Análisis de sostenibilidad de ciclo de vida.

Análisis de costos de ciclo de vida y análisis social de ciclo de vida.

Análisis de sostenibilidad de ciclo de vida

Beneficios y limitaciones.

Herramientas para la toma de decisiones a partir de ACV.

Casos de aplicación.

COSTEO DE CICLO DE VIDA (CCV)

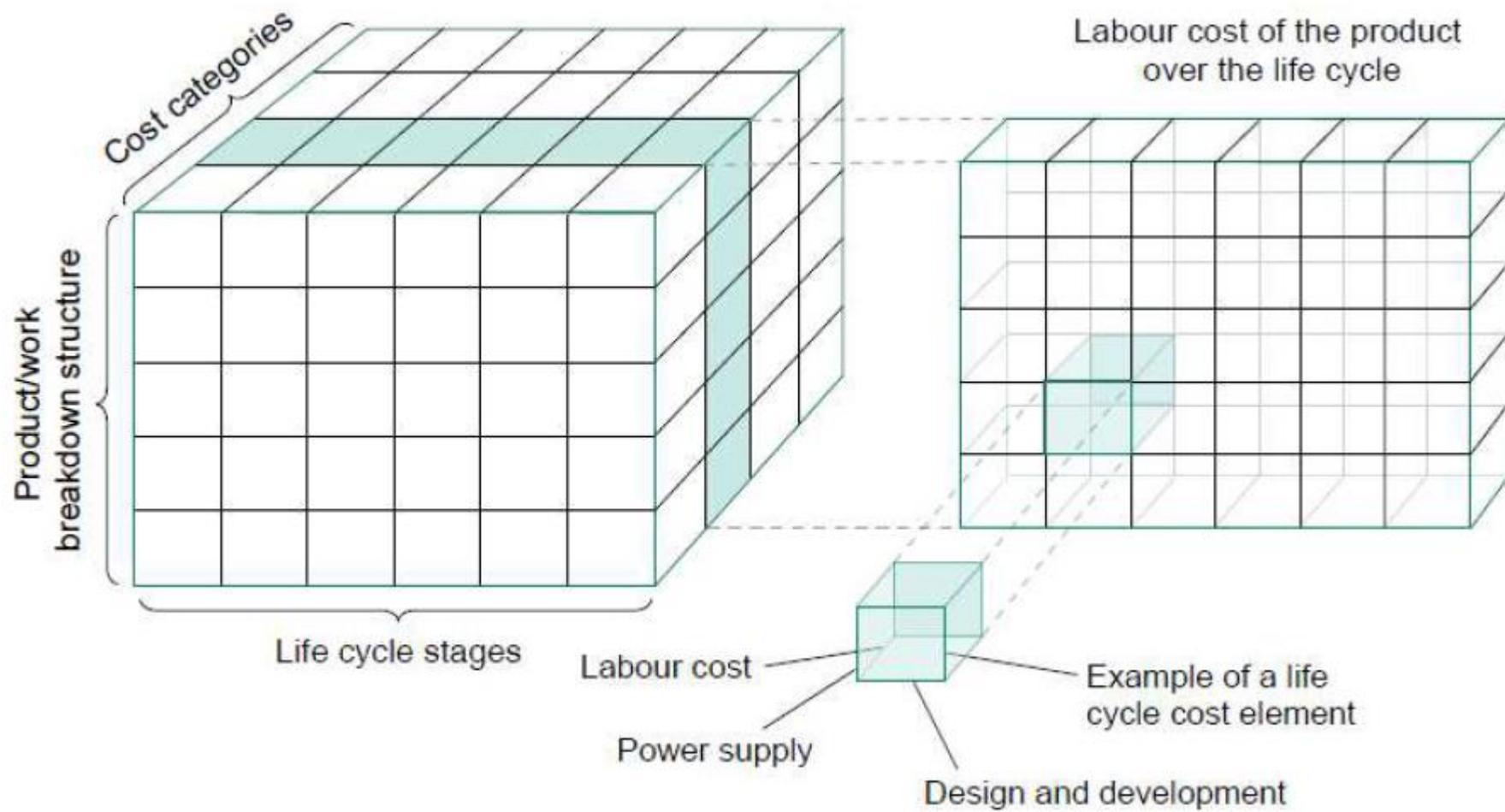
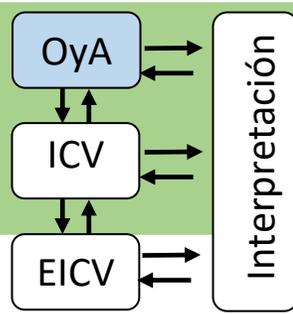
El CCV tiene sus orígenes en la década de 1930, sin embargo no ha logrado ser estandarizada como el ACV.

Uno de los principales antecedentes es Hunkeler et al. (2008) que lo define como una **evaluación de todos los costos asociados con el ciclo de vida de un producto que están directamente cubiertos por uno o más de los actores en dicho ciclo de vida.**

Otro antecedente importante lo constituye el Código de Práctica de CCV publicado con el apoyo de SETAC (Swarr et al., 2011) que brinda recomendaciones generales.



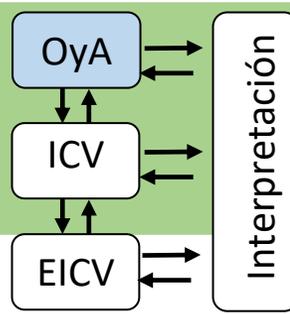
DEFINICIÓN DE ESTRUCTURA DE COSTOS



Fuente:
UNEP/SETAC, 2011



OTRAS CONSIDERACIONES

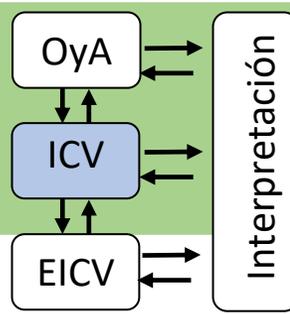


Definición de los **responsables de costos** a considerar en el estudio, es decir los sujetos que erogan determinado costo (Hunkeler et al., 2008), ya que en un análisis pueden considerarse más de un responsable de costos (productor y consumidor por ejemplo).

Definición de fuente y calidad de datos a recoger y la **tasa de descuento** a emplear, en concordancia con el objetivo previamente definido.



RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN



Hunkeler et al. (2008) presenta un procedimiento específico para la recopilación de información y la identificación y cuantificación de los datos relevantes mientras que EC (2006) ha publicado una descripción completa de las categorías de costos a considerar en este tipo de análisis.

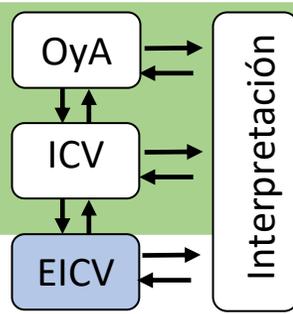
Como resultado de este paso se identifican todos los elementos de costo del modelo según la estructura de costos definida. Cada elemento de costo i -ésimo responde a la siguiente fórmula

$$ec_i = cantidad_i \times costo\ unitario_i$$

El fortalecimiento de bases de datos de CCV, tal como existen para ACV, es uno de los desafíos que hasta la fecha no se ha logrado superar.



AGREGACIÓN DE COSTOS



$Costo_t$ = costo desembolsado en año t

t = años desde 0 a n

n = tiempo de vida considerado

r = tasa de descuento

$$cost_x = \sum_{t=0}^n \left(\frac{cost_t}{(1+r)^t} \right)$$

$e1$ a en = Etapas del ciclo de vida 1 a n

$p1$ a pi = Procesos de 1 a i

$c1$ a cm = Categoría de costos de 1 a m

ec_i = Elemento de costo i – ésimo

$$CCV = \sum_{e1}^{en} \sum_{p1}^{pi} \sum_{c1}^{cm} ec_i$$



EJEMPLO

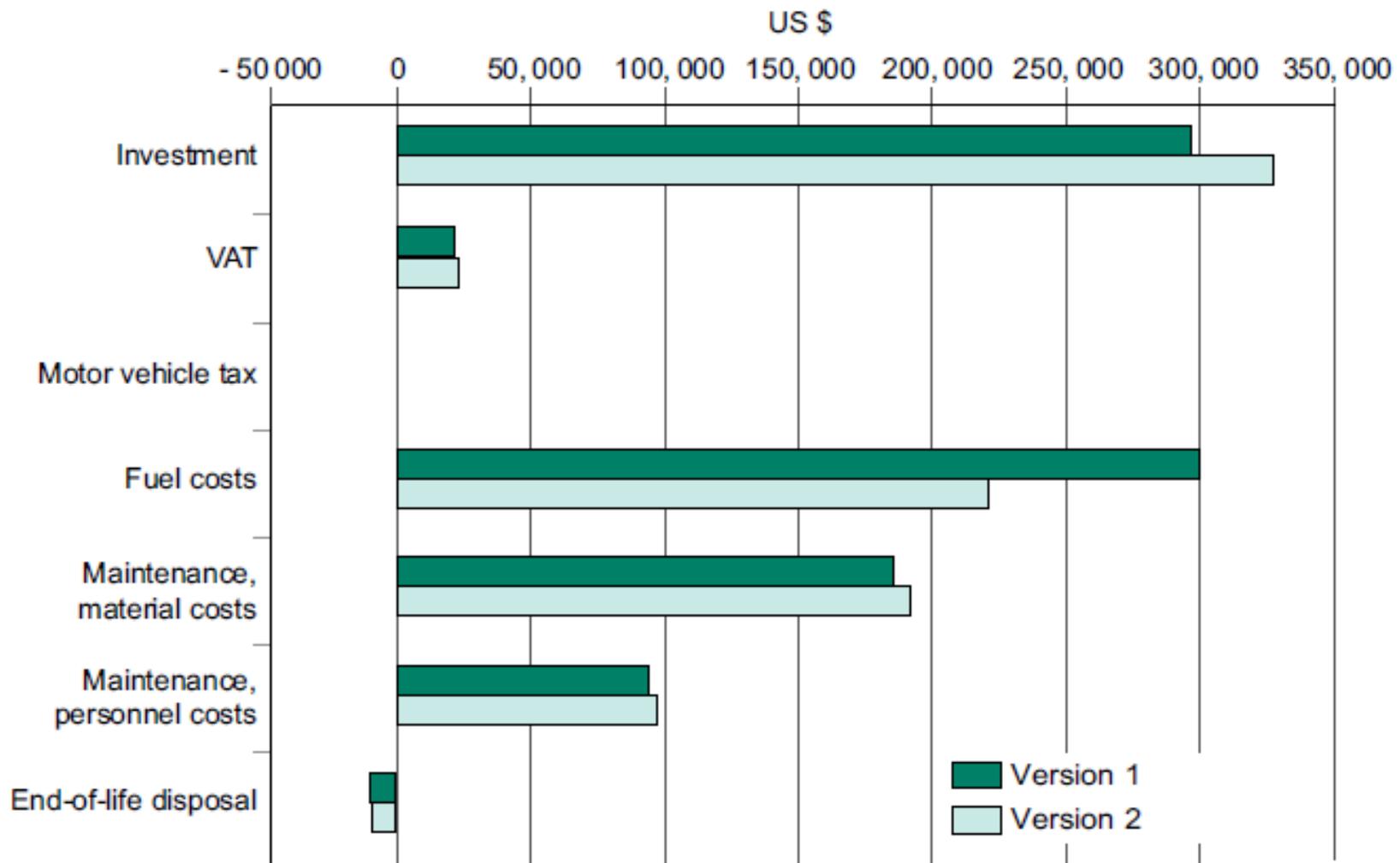
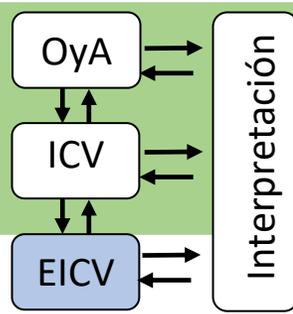


Figure 7. LCC of standard public transport heavy duty bus (in US\$) (adapted from Ruedenauer et al. 2007).

Fuente: UNEP (2011)



EJEMPLO

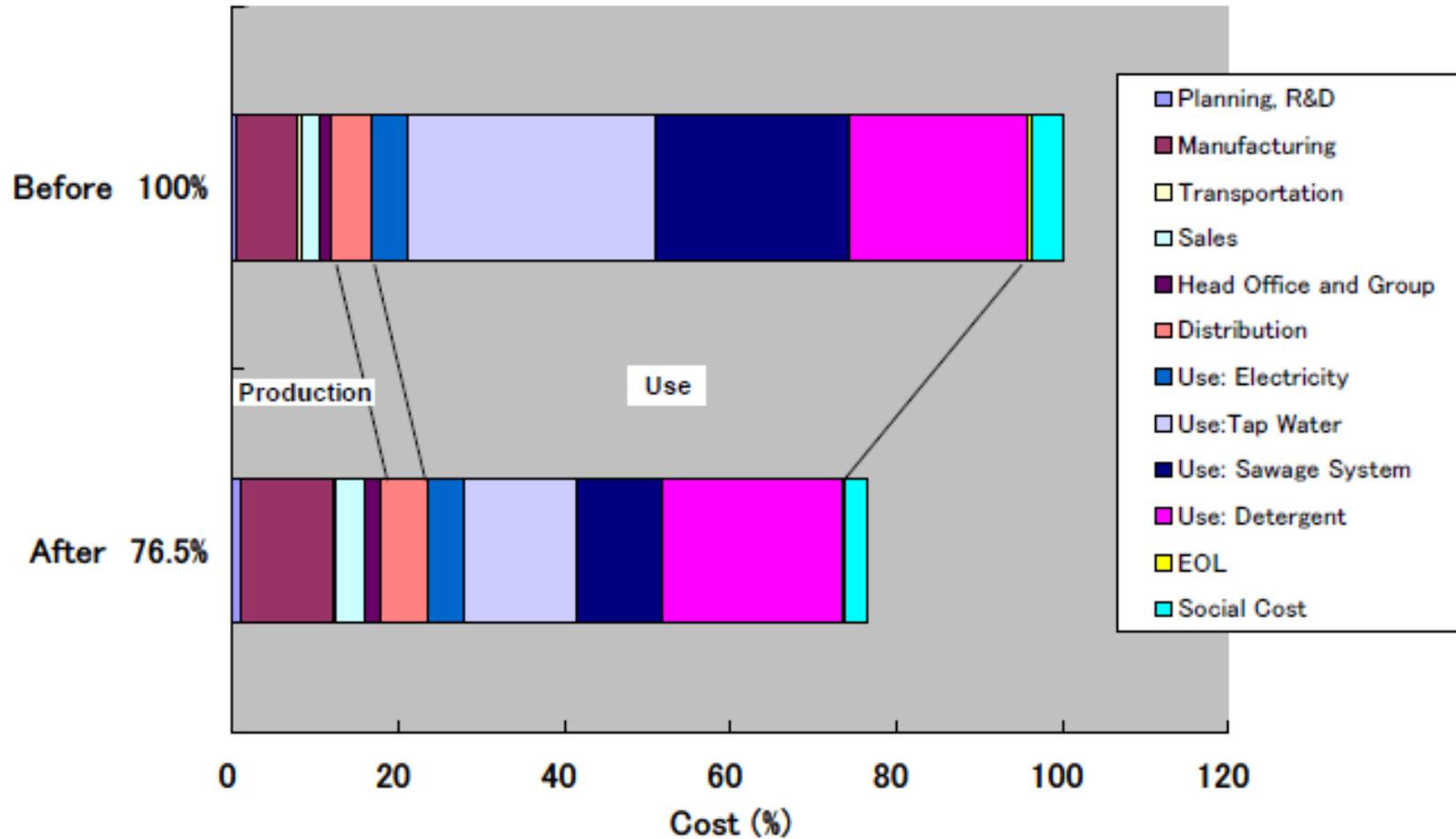
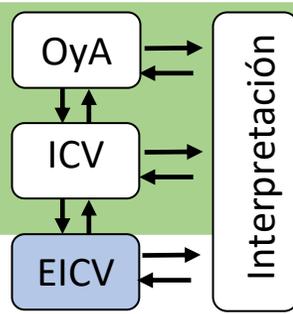
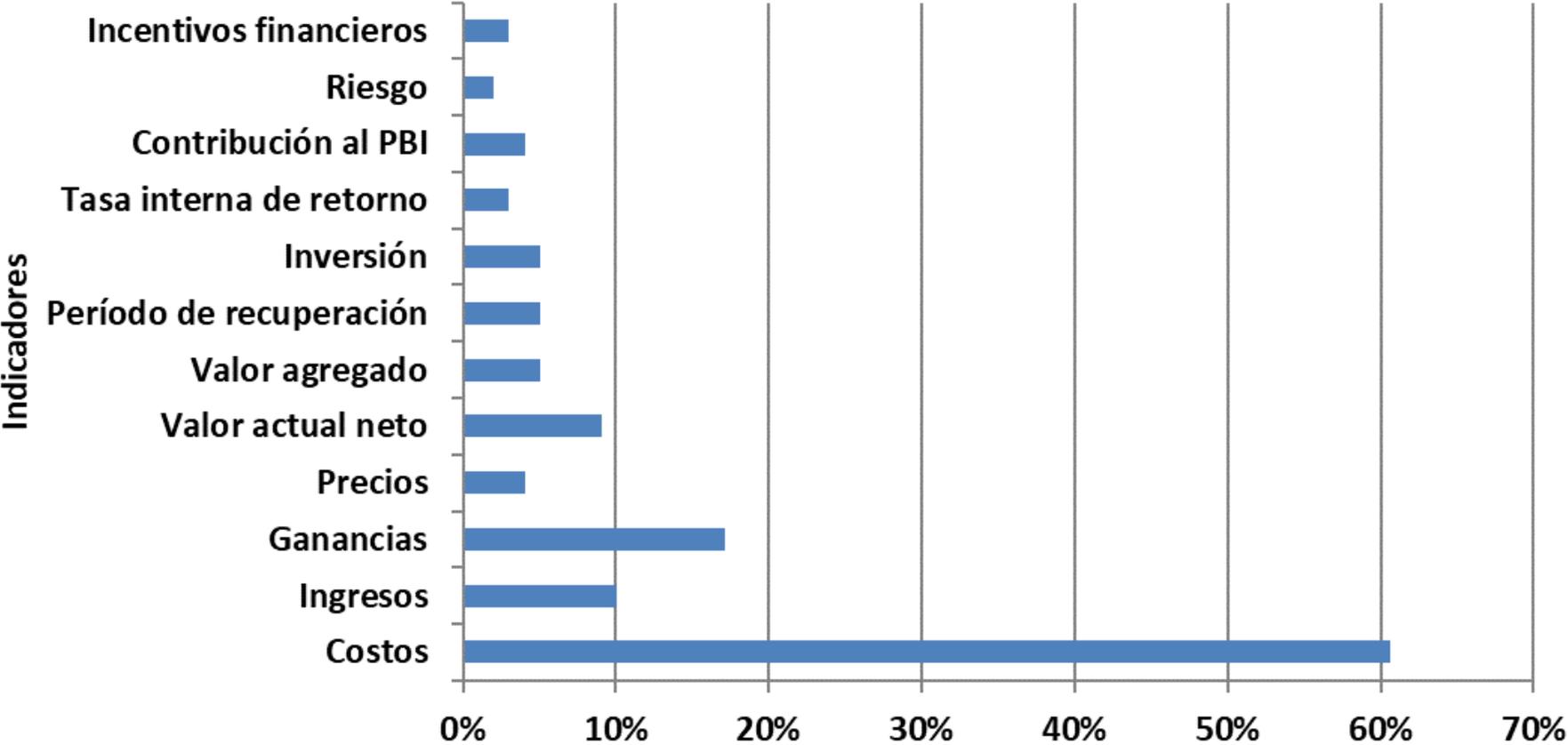
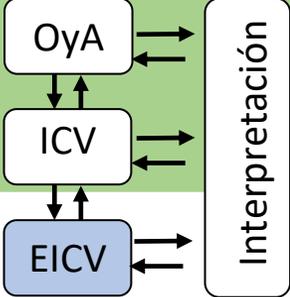


Figure 8. Full-cost accounting for washing machines before and after dewatering and water recirculation (Yamaguchi et al., 2006, 2007a and 2007b).

Fuente: UNEP (2011)



OTROS INDICADORES



Fuente: Alejandrino et al (2021)

ANÁLISIS SOCIAL DE CICLO DE VIDA (ACV-S)

Se define como la evaluación de impactos sociales de productos a lo largo de su ciclo de vida y ofrece un marco de evaluación sistemático que combina datos cuantitativos y cualitativos. Proporciona información sobre aspectos sociales y socioeconómicos para la toma de decisiones, en la perspectiva de mejorar el desempeño social de una organización y, en última instancia, el bienestar de las partes interesadas (UNEP, 2020)



ANTECEDENTES ACV-S



Guidelines for
SOCIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF
PRODUCTS AND ORGANIZATIONS 2020



Life Cycle Initiative



Methodological Sheets for
SUBCATEGORIES IN SOCIAL LIFE
CYCLE ASSESSMENT (S-LCA) 2021



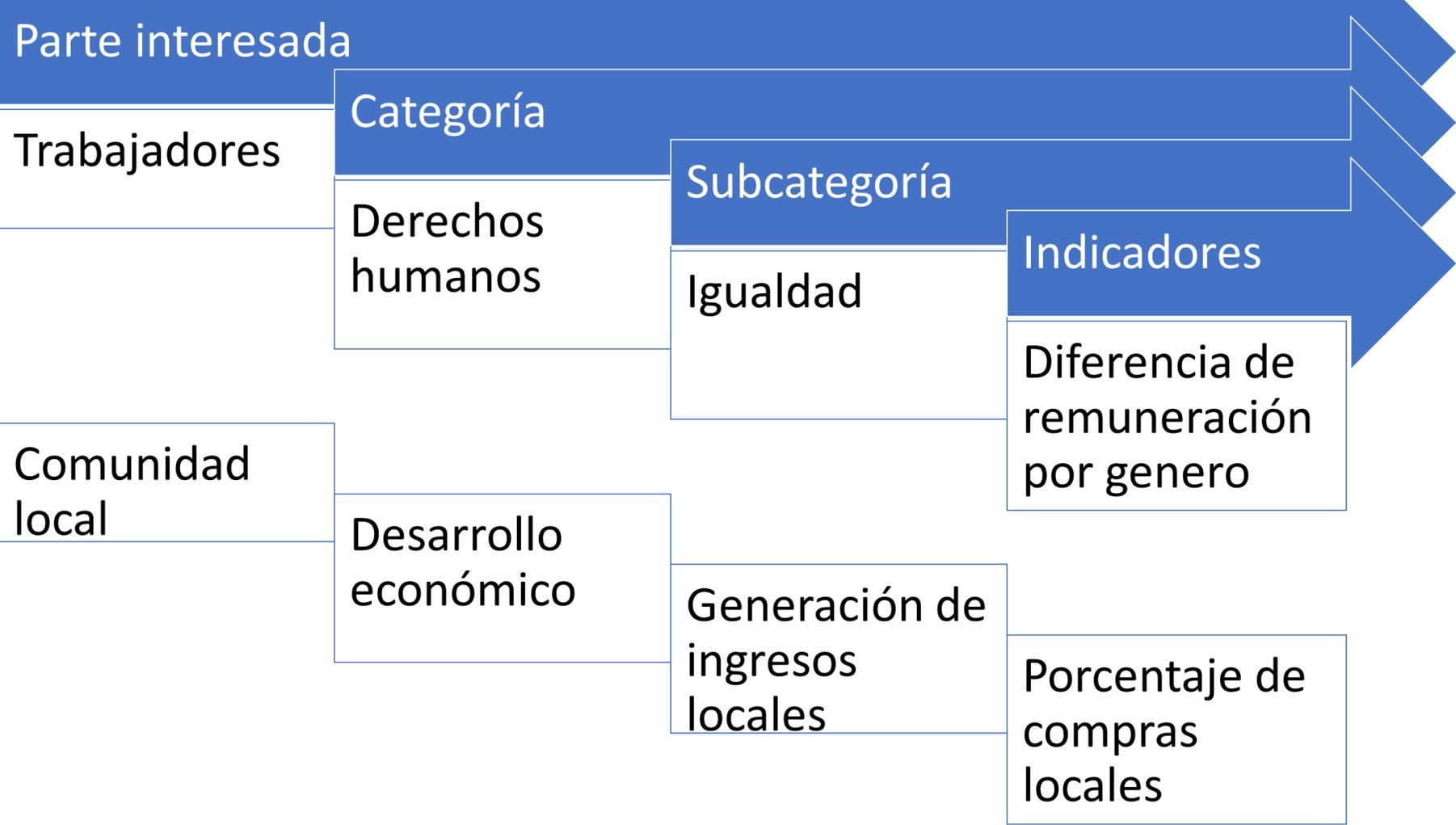
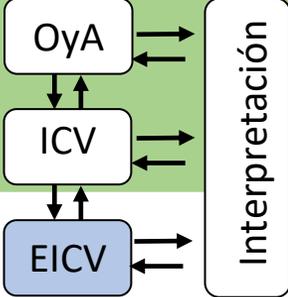
Life Cycle Initiative



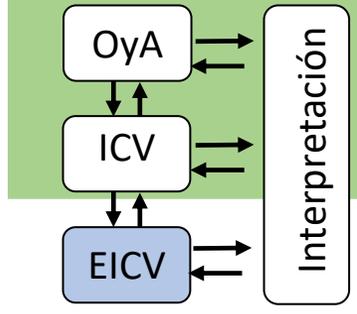
Pilot projects on Guidelines for
SOCIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF
PRODUCTS AND ORGANIZATIONS 2022



ESTRUCTURA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO



Stakeholder categories	Worker	Local community	Value chain actors (not including consumers)	Consumer	Society	Children
Subcategories	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freedom of association and collective bargaining 2. Child labor 3. Fair salary 4. Working hours 5. Forced labor 6. Equal opportunities/discrimination 7. Health and safety 8. Social benefits/social security 9. Employment relationship 10. Sexual harassment 11. Smallholders including farmers 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Access to material resources 2. Access to immaterial resources 3. Delocalization and migration 4. Cultural heritage 5. Safe and healthy living conditions 6. Respect of indigenous rights 7. Community engagement 8. Local employment 9. Secure living conditions 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fair competition 2. Promoting social responsibility 3. Supplier relationships 4. Respect of intellectual property rights 5. Wealth distribution 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Health and safety 2. Feedback mechanism 3. Consumer privacy 4. Transparency 5. End-of-life responsibility 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Public commitments to sustainability issues 2. Contribution to economic development 3. Prevention and mitigation of armed conflicts 4. Technology development 5. Corruption 6. Ethical treatment of animals 7. Poverty alleviation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Education provided in the local community 2. Health issues for children as consumers 3. Children concerns regarding marketing practices



Fuente: UNEP (2020)



EJEMPLO

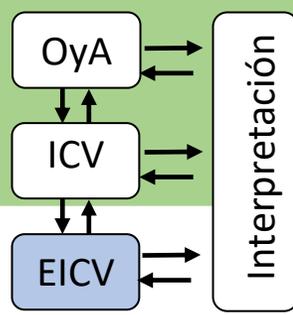


Fig. 7. Social impact categories of the João Pessoa MSW management system.

Fuente: Ibañez-Forés et al. (2019)



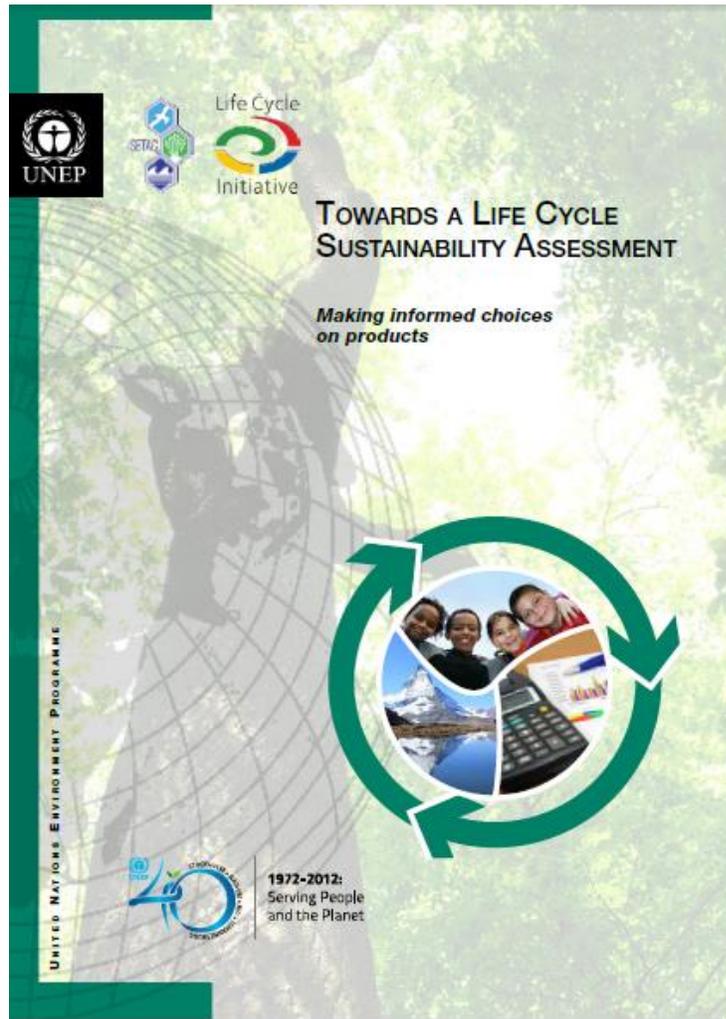
Análisis de Sostenibilidad de Ciclo de Vida

PRODUCTOS

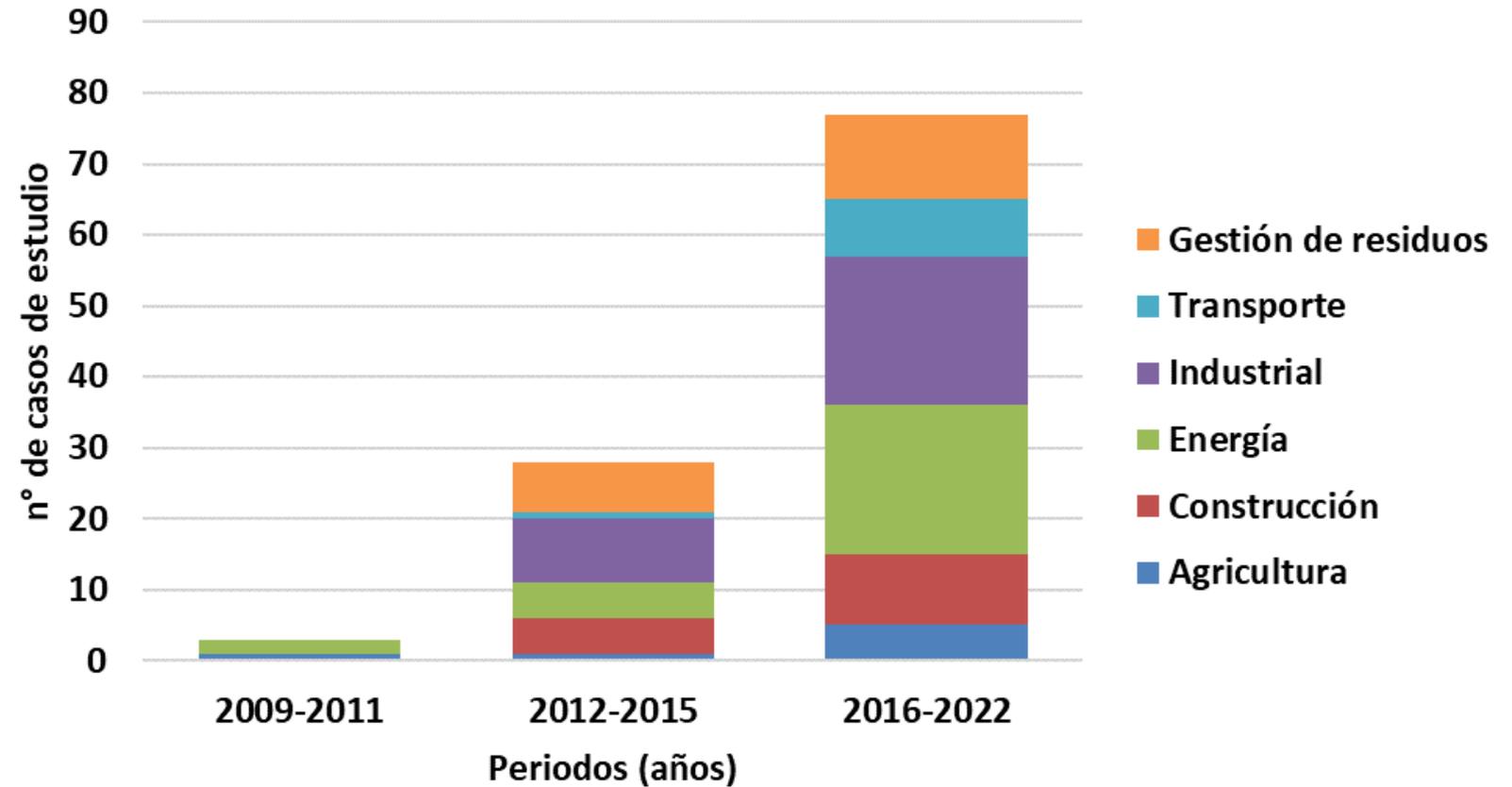
$$(ASCV) = (ACV) + (CCV) + (ACV-S)$$



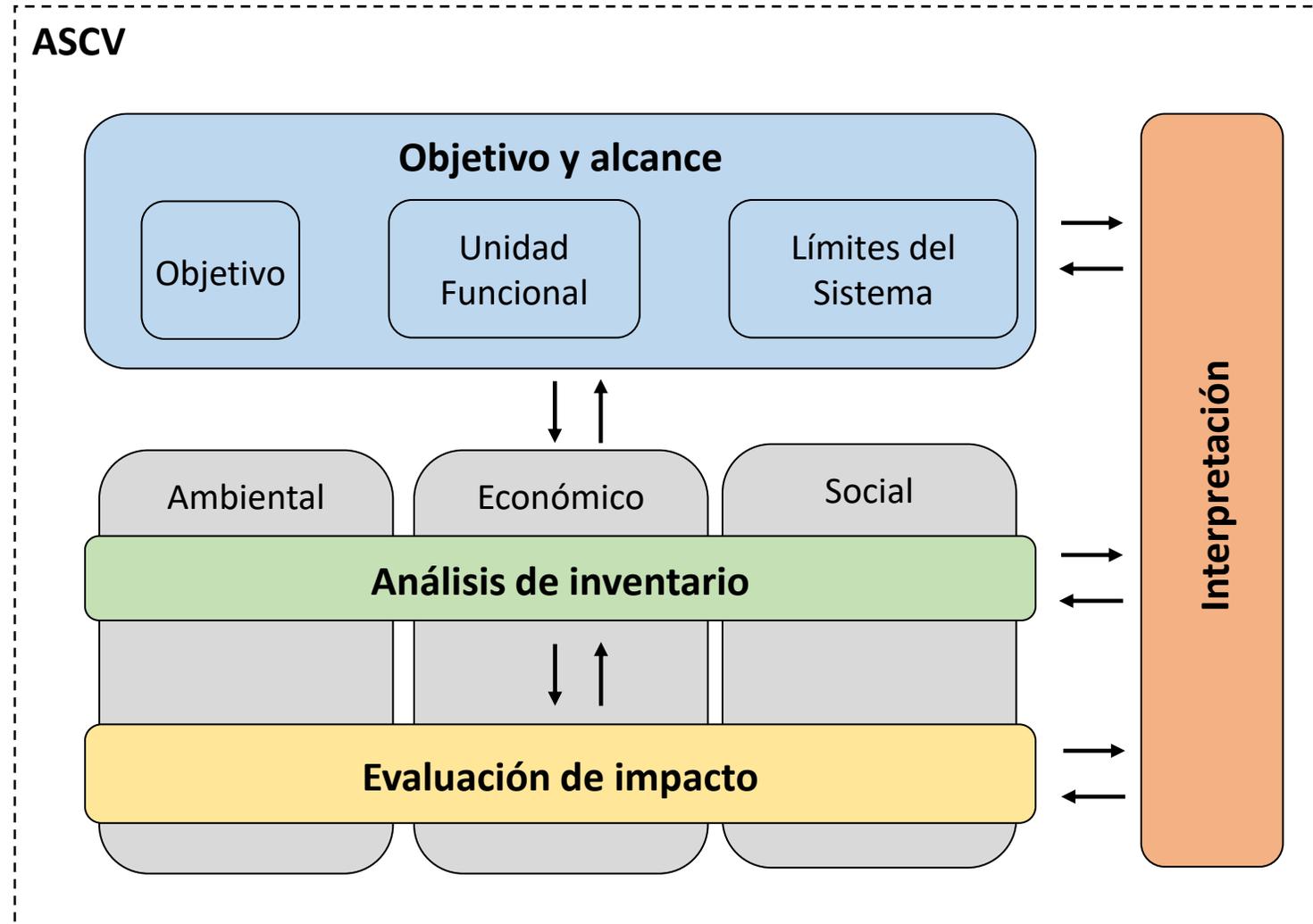
ANTECEDENTES ASCV



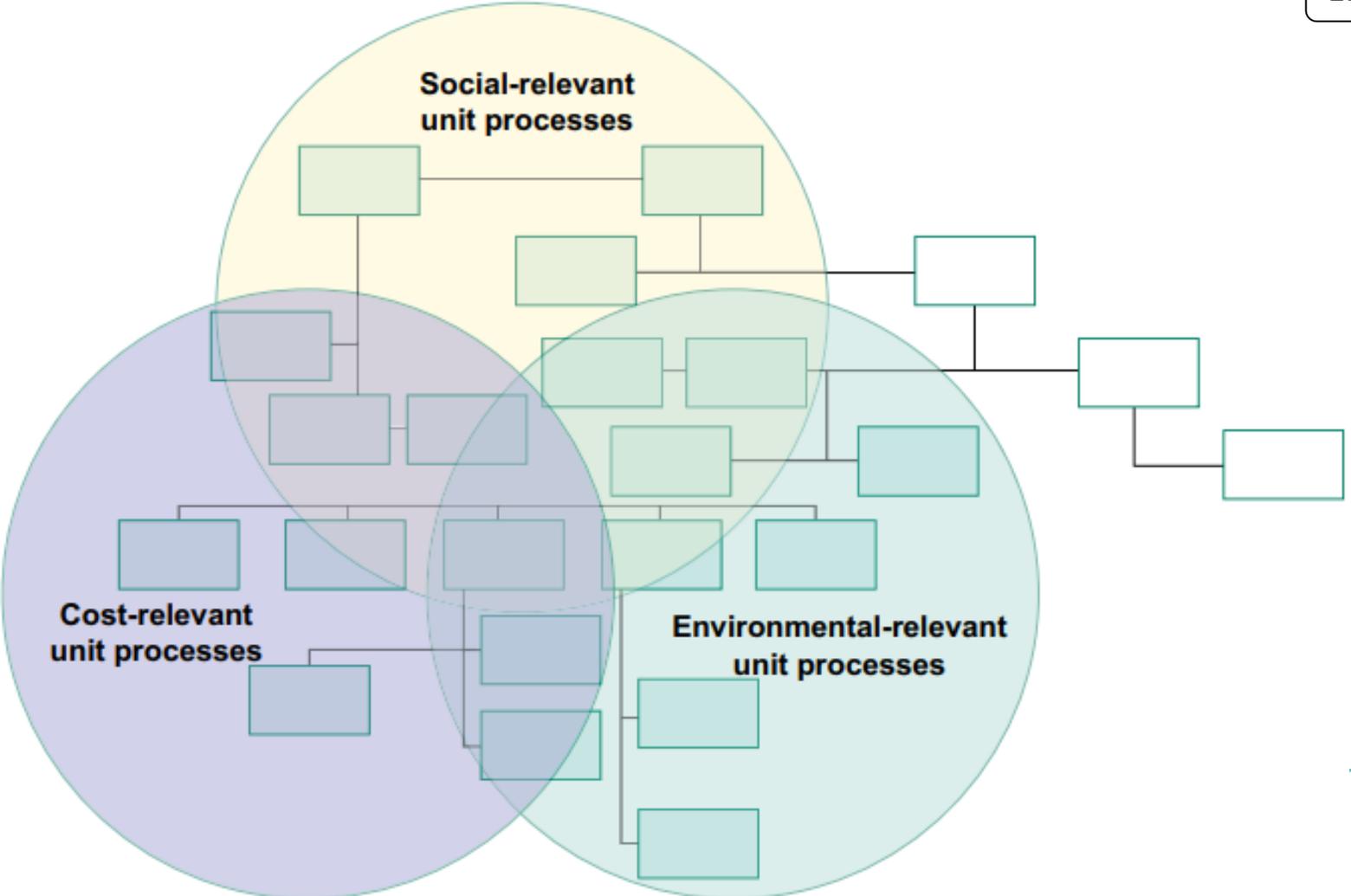
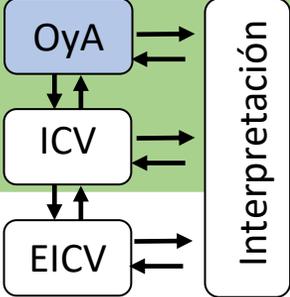
Numerosos de casos de estudio



ESTRUCTURA METODOLÓGICA



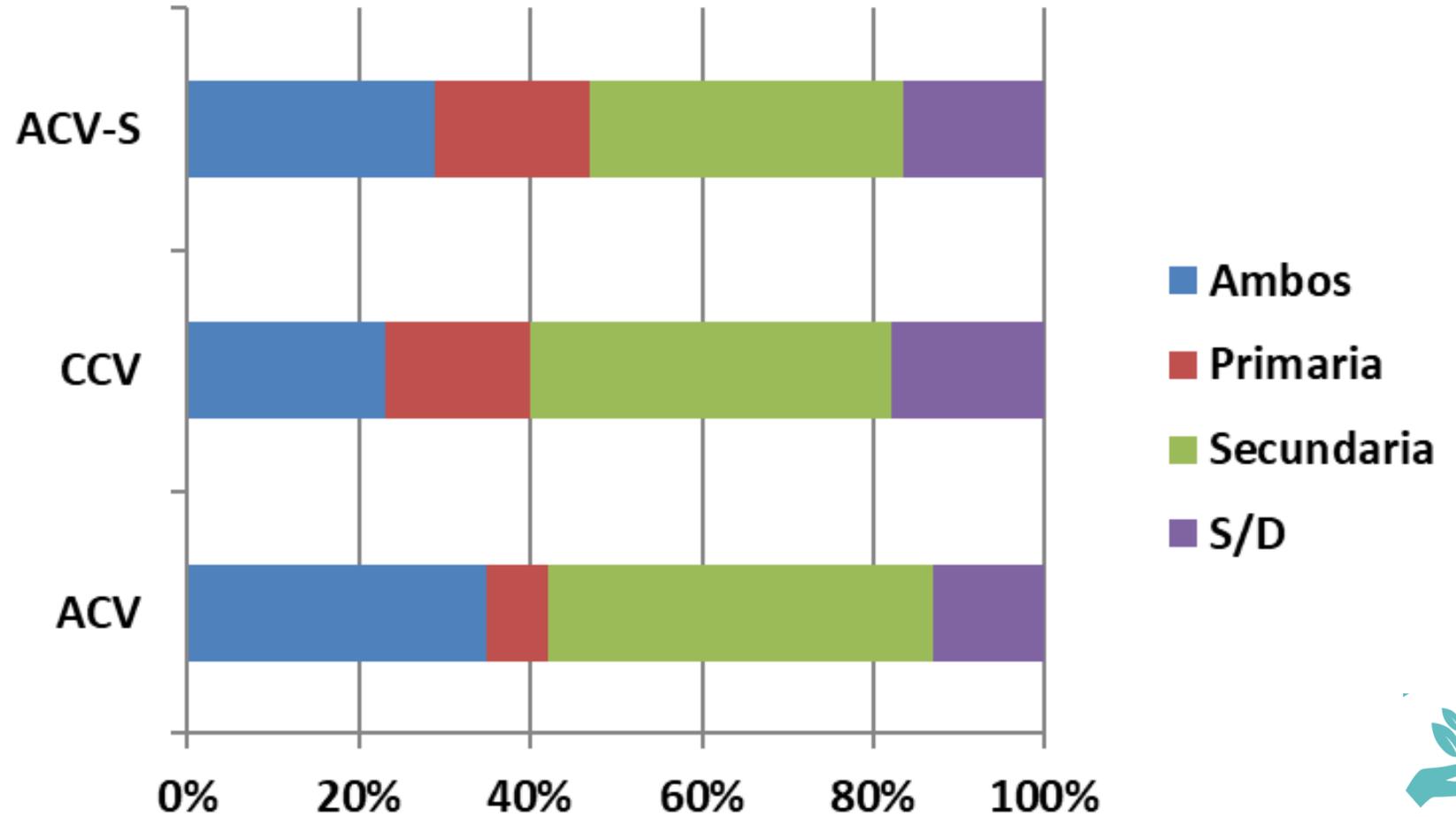
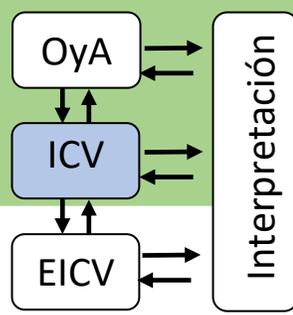
LÍMITES DEL SISTEMA ASCV



Fuente: UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2011)

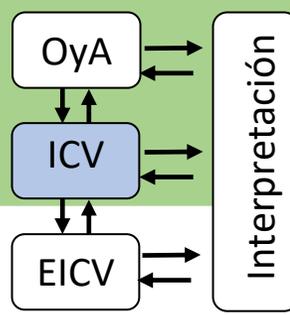
Unit processes not included in the system boundary

ANÁLISIS DE INVENTARIO



Fuente: Alejandrino et al (2021)

CALIDAD DE DATOS



Evaluación con Matrices Pedigree
De Barba et al. (2014)



Calculo de calificación de calidad
de datos



Evaluación de incertidumbre
(Simulación de Montecarlo)



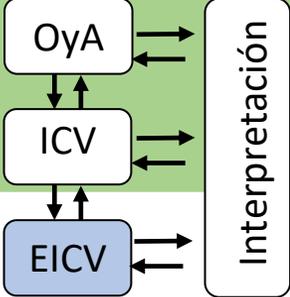
ASCV: CASO DE ESTUDIO

Valente et al (2019) <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.105>

ANALIZAMOS:

- ¿Cuál fue el objetivo y alcance del estudio? ¿la unidad funcional?
- ¿Cómo se construyó el inventario? (Datos primarios y/o secundarios)
- ¿Qué indicadores se utilizaron?
- ¿Cómo se interpretaron los resultados?
- Otros comentarios o percepciones

EVALUACIÓN DE IMPACTO



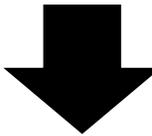
IMPACTO

- AMBIENTAL
- ECONÓMICO
- SOCIAL



Numerosos indicadores y métodos de evaluación

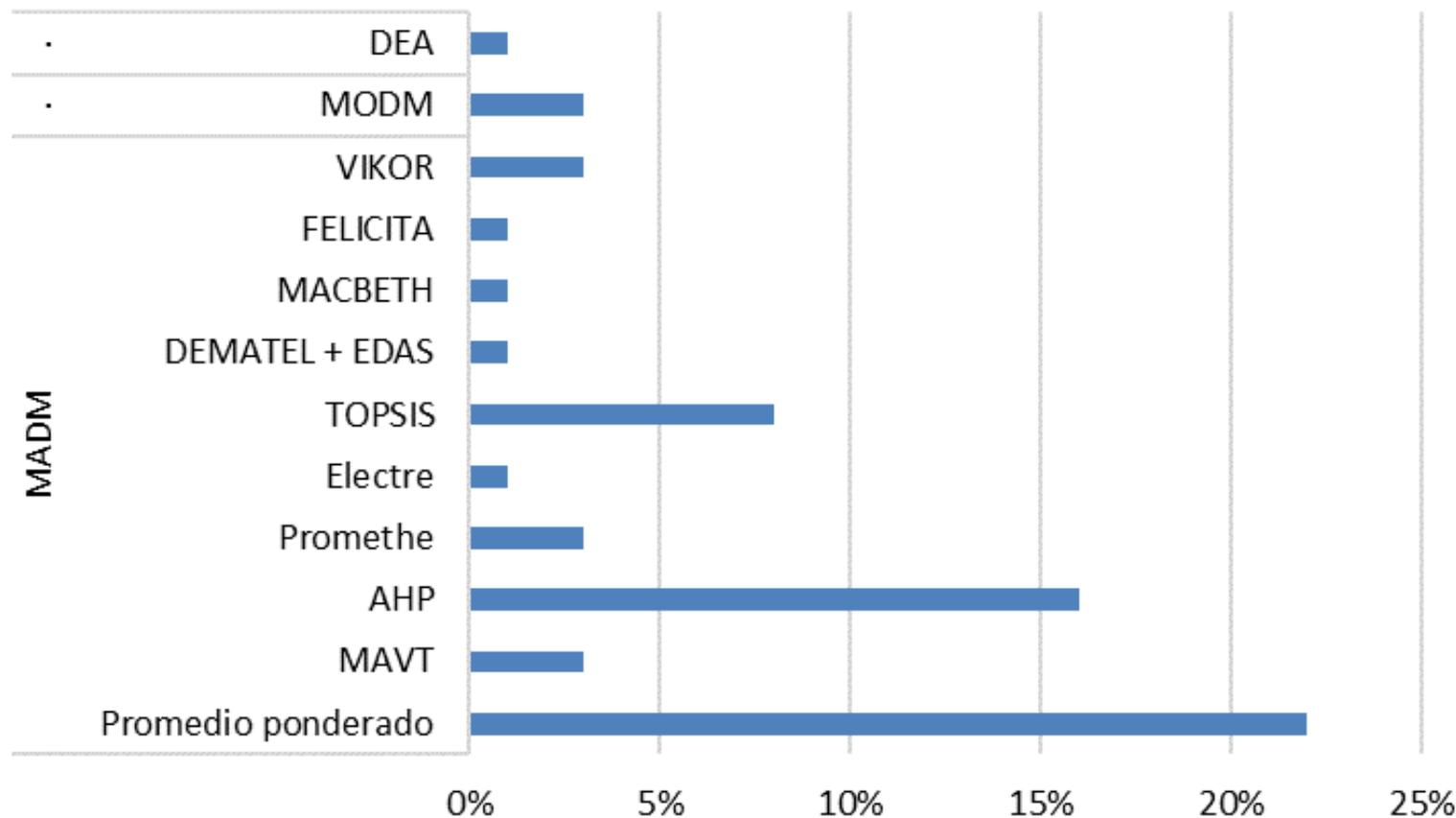
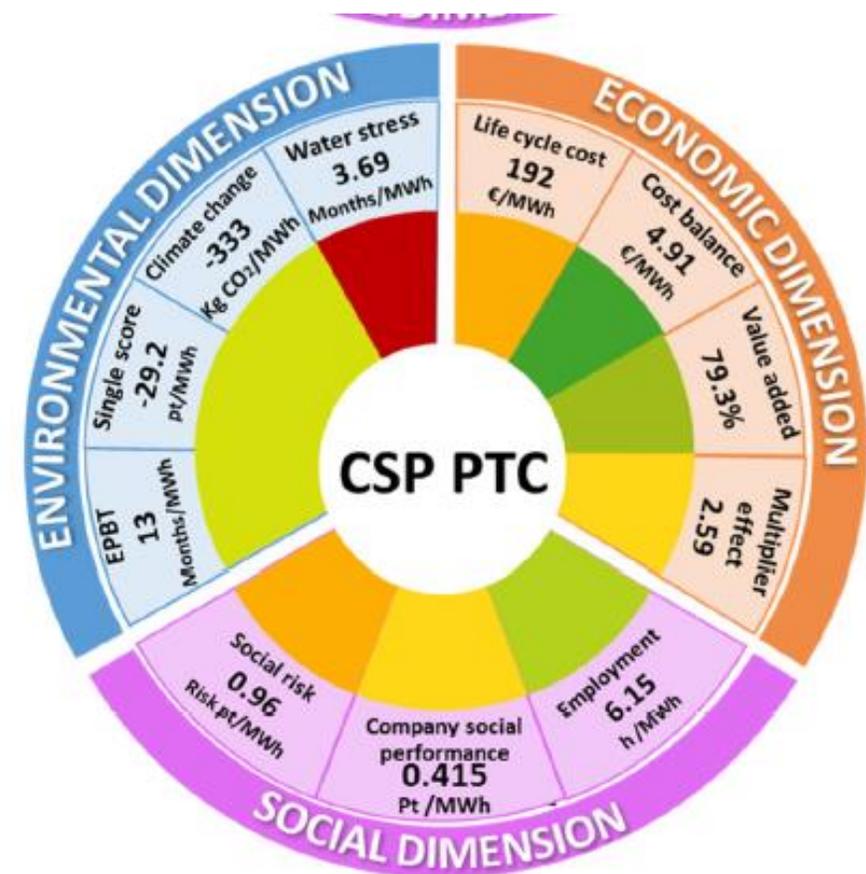
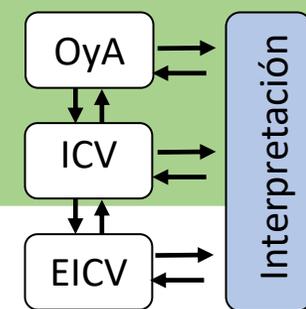
ANÁLISIS DE MATERIALIDAD



HERRAMIENTAS PARA TOMA DE DECISIONES



TOMA DE DECISIONES

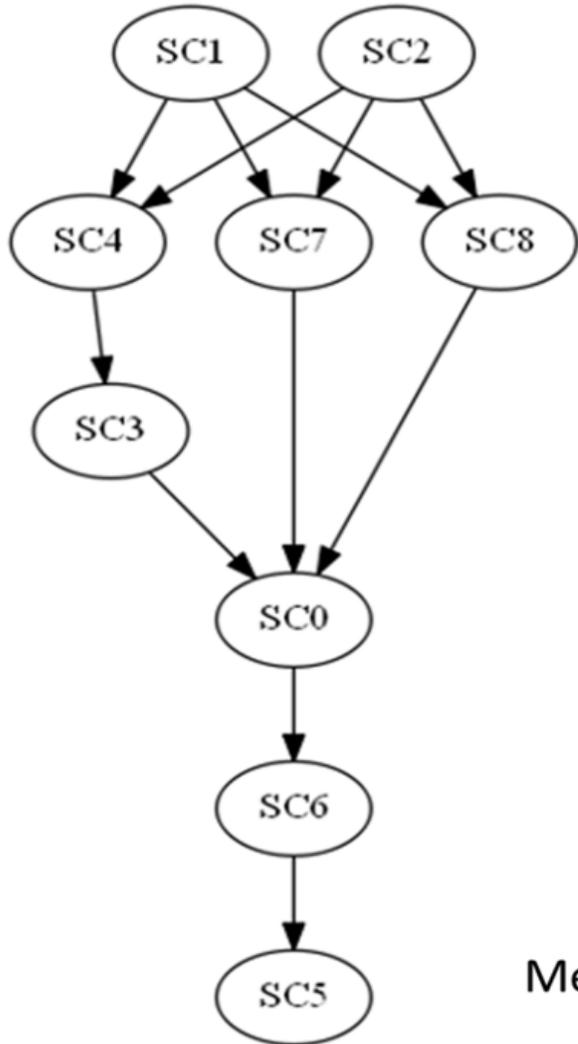
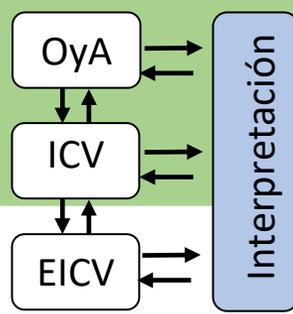


Fuente: Alejandrino et al (2021)



Fuente: Corona & San Miguel (2019)

OTRA OPCIÓN: TEORÍA MATEMÁTICA POSET



INDICADOR	SC0	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8
PR		0,20	0,00	4,20		1,49	7,67		
CTA	30495094,43	30324167,06	30425664,94	30447438,14	30499792,81	30461538,29	30103960,24	30666790,54	30842194,54
ADP	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
GWP	337040,56	338182,71	337921,37	336853,42	337040,56	336873,06	322203,95	332530,05	311254,75
ODP	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
POCP	67,00	67,38	67,12	66,96	67,00	66,89	64,44	66,36	63,35
AP	1786,47	1796,34	1790,33	1785,40	1786,47	1784,66	1732,01	1765,98	1669,34
EP	881,54	881,53	882,34	881,34	881,54	881,35	874,57	877,24	856,96
ACL	-40	-40	-60	-60	-50	-50	-100	-40	-100
PIC	0	-100	0	0	0	0	0	0	0
CL	-20	-43	-20	-20	-20	-20	-20	-40	-20

Mejor valor



Fuente: Alejandrino (2023)

BENEFICIOS Y LIMITACIONES ASCV

La comunidad científica está reconociendo la importancia y utilidad del ASCV.

Existen desafíos en que exista coherencia en la definición de alcance.

Los datos primarios son fundamentales para llevar a cabo estudios de ASCV y todavía existen restricciones sobre el acceso a bases de datos secundarias para las dimensiones social y económica.

Es necesario profundizar la investigación de indicadores sociales ya que son los más nuevos y presentan menor consenso

Se requieren herramientas para la interpretación de los resultados y su orientación a la toma de decisiones.

ASCV Organizacional

PRODUCTOS

$$(ASCV) = (ACV) + (CCV) + (ACV-S)$$

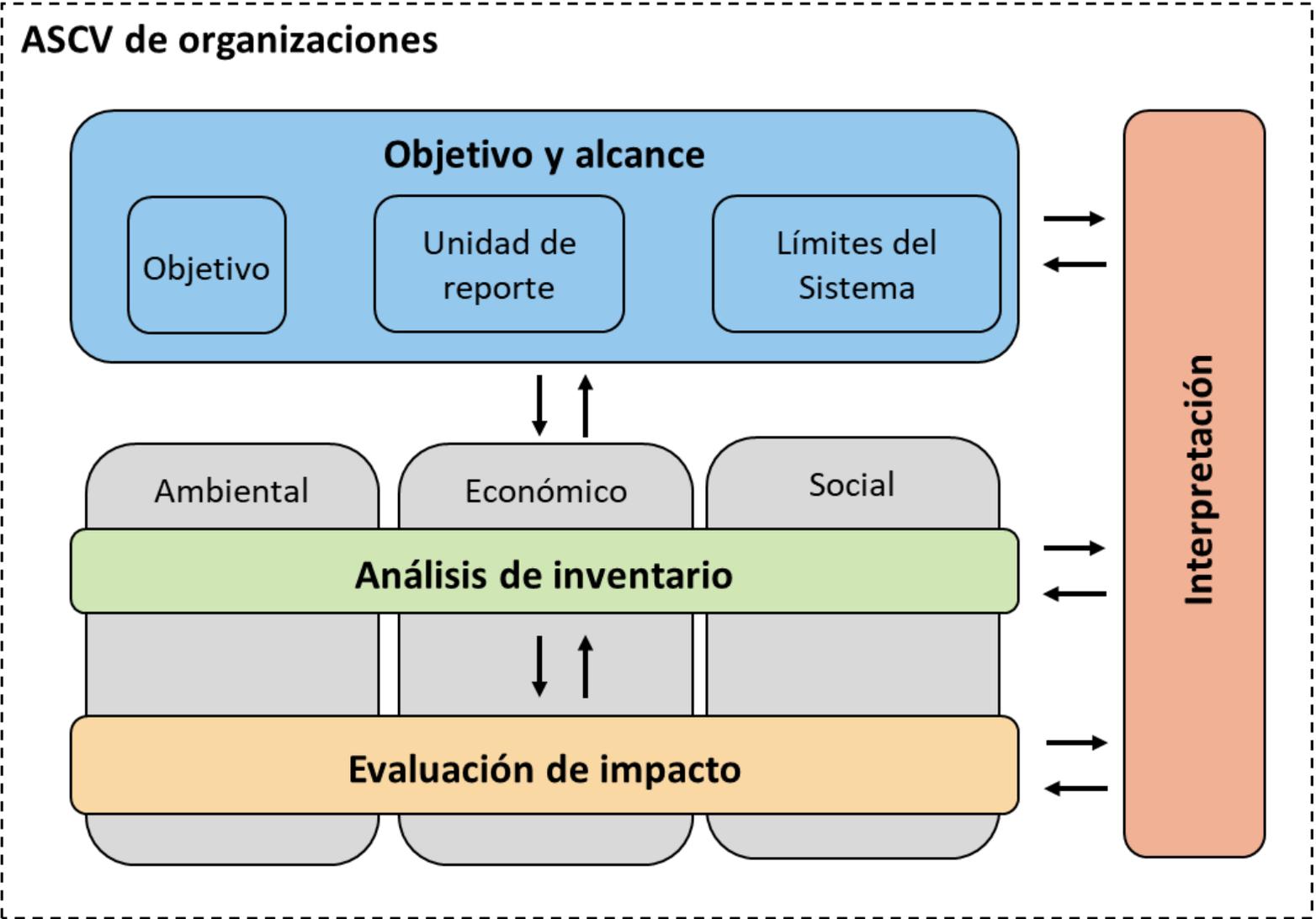


ORGANIZACIONES

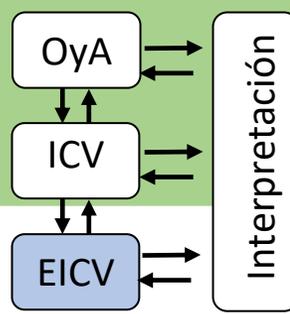
$$(ASCV-O) = (ACV-O) + (CCV-O) + (ACV-SO)$$



ESTRUCTURA METODOLÓGICA



EJEMPLO INDICADORES



- **Costo total anual (CTA).**

$$CTA_k = \left[\sum_{t=0}^n \frac{Inv_k + COM_{tk}}{(1+r)^t} \right] \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] [\text{ARS/año}]$$

donde

k - escenario en análisis

Inv_k - Inversión necesaria para el escenario k en el año base [ARS]

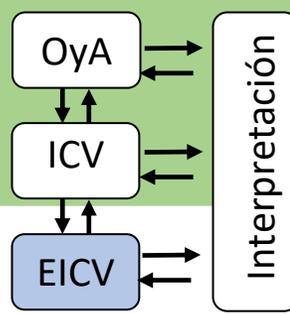
r - tasa de descuento []

n - vida útil del equipo / planta [años]

COM_{tk} - costos de operación y mantenimiento del escenario k en el año t [ARS]



EJEMPLO INDICADORES



- **Ingreso total anual (ITA).**

$$ITA_k = \left[\sum_{t=0}^n \frac{Ing_{tk}}{(1+r)^t} \right] \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] [\text{ARS/año}]$$

- **Utilidad operativa (UO).**

$$UO_k = ITA_k - CTA_k [\text{ARS/año}]$$

- **Periodo de recuperación (PR).**

$$PR_k = \frac{Inv_k}{UO_k - UO_0} [\text{años}]$$



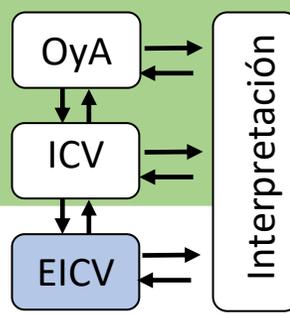
Desafíos de ACV-S	Descripción	Soluciones de ACV-SO
Asignación de indicadores o impactos a nivel producto.	La mayoría de los estudios de caso definen unidades funcionales, pero no vinculan los resultados con la unidad funcional o el producto específico.	Asociar indicadores e impactos sociales a la unidad de reporte, (Figura 2.15) en lugar de un producto parece más lógico, práctico y factible.
Recolección de datos	Falta de bases de datos genéricas y las pocas existentes incluyen riesgos a nivel de país o sector. La recopilación de datos específicos del sitio se realiza principalmente a nivel de organización, pero no a nivel de producto. En consecuencia, hasta ahora, ningún caso de estudio aborda el ciclo de vida completo y utilizan una gran parte de datos genéricos.	Es más probable que los datos específicos estén disponibles a nivel de organización que a nivel de producto. Una evaluación completa para la gerencia que una a nivel de producto; por tanto, se pueden movilizar más recursos para la recopilación de datos.
Aplicación práctica	La mayoría de los estudios de casos no definen claramente la aplicación prevista y no evalúan el desempeño social en un verdadero nivel de producto.	ACV-SO se orienta específicamente a la evaluación del comportamiento y desempeño organizacional. La comparación pública de organizaciones no está prevista.

Desafíos de ACV-S y soluciones que ofrece el ACV-SO.

Fuente: Adaptado de (Martínez-Blanco et al., 2015).



EJEMPLO INDICADORES ORGANIZACIONALES



38 indicadores desarrollados para 5 partes interesadas (trabajadores, actores de cadena de valor, comunidad local, sociedad y consumidor)

- Escalas binarias y lineales
- Normalización: peor comportamiento, comportamiento aceptable (estándares mínimos) y mejor comportamiento.
- Criterios, definiciones, ecuaciones y gráficas de valoración



EJEMPLO: INDICADOR COMPRAS LOCALES

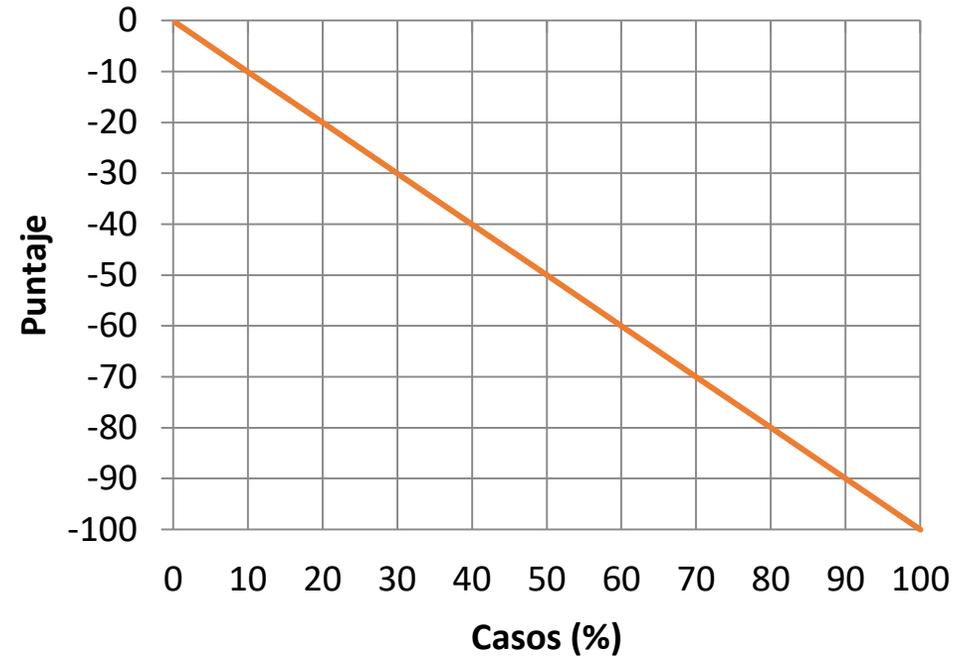
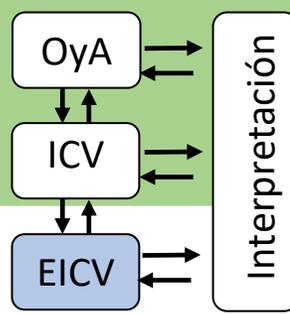


Figura 2.15 Escala de valoración de indicador compras locales

Fuente: Elaboración propia

La ecuación correspondiente es

$$f(x) = -x$$

Ec. (2.4)

Donde

$x = \% \text{ de casos (trabajadores o proveedores con acceso al beneficio analizado)}$



BIBLIOGRAFÍA



- Hunkeler, D., Lichtenvort, K., Rebitzer, G., 2008. Environmental life cycle costing, 1st. ed. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420054736>
- Swarr, T.E., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Pesonen, H.L., Ciroth, A., Brent, A.C., Pagan, R., 2011. Environmental life-cycle costing: a code of practice. SETAC.
- UNEP, 2020. Guidelines for social life cycle assessment of products and organizations. United Nations Environment Programme.
- UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2011. Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative.
- Ibáñez-forés, V., Bovea, M.D., Coutinho-nóbrega, C., Medeiros, H.R. De, 2019. Assessing the social performance of municipal solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study. Ecol. Indic. 98, 164–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.031>
- Alejandrino, C., Mercante, I., Bovea, M.D., 2021. Life cycle sustainability assessment: lessons learned from case studies. Environ. Impact Assess. Rev. 87, 106517. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106517>
- Martínez-blanco, J., Lehmann, A., Chang, Y.-J., Finkbeiner, M., 2015. Social organizational LCA (SOLCA) — a new approach for implementing social LCA. Int. J. Life Cycle Assess. 20, 1586–1599. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0960-1>
- European Commission, 2006. Integrated pollution prevention and control - economics and cross-media effects.
- UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2011. Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative.
- De Barba, D.J., De Oliveira Gomes, J., Bork, C.A.S., 2014. Reliability of the sustainability assessment, in: Procedia CIRP. Elsevier B.V., pp. 361–366. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.034>
- Corona, B., San Miguel, G., 2019. Life cycle sustainability analysis applied to an innovative configuration of concentrated solar power. Int. J. Life Cycle Assess. 24, 1444–1460. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11367-018-1568-z>

¡MUCHAS GRACIAS!

clarisa.alejandrino@uncuyo.edu.ar

