

01

Fecha de presentación: abril, 2024
Fecha de aceptación: septiembre, 2024
Fecha de publicación: octubre, 2024

ECODISEÑO

DE LIBRETAS UTILIZANDO LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN UNA EMPRESA GRAFICA CUBANA

ECODESIGN OF NOTEBOOKS USING THE LIFE CYCLE ANALYSIS TOOL IN A CUBAN GRAPHICS COMPANY

Eduardo López Bastida ^{1*}
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1305-852X>
E-mail: esaenzdeburuaga@gmail.com

Jean Paul Morales Herrera ²
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9408-3216>
E-mail: jpmorales@nauta.com

Henry Ricardo Cabrera ¹
E-mail: henrryricardocabrera@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3185-8929>

¹ Universidad de Cienfuegos, "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba.

² Empresa Gráfica de Cienfuegos, Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

López Bastida, E. J., Morales Herrera, J. P., Ricardo Cabrera, H. (2024). Ecodiseño de libretas utilizando la herramienta de análisis de ciclo de vida en una empresa grafica cubana. *Universidad y Sociedad*, 16 (S1), 11-23.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general, proponer una metodología utilizando la herramienta de análisis de ciclo de vida (ACV) para realizar un nuevo ecodiseño de libretas escolares que permita la disminución de los impactos que se generan durante su realización. Esta metodología basada en la familia de Normas ISO 14040 posee cuatro etapas donde una vez determinado los objetivos y alcances, se hace un inventario de materias primas y energía en todo el proceso de producción de libretas, con el mismo y utilizando el software Open LCA y la base de datos Impact 2002+, se determinan los impactos ambientales que produce estas producciones desde el nacimiento hasta su fin y una vez analizados dichos impactos se propone un conjunto de mejoras en su ecodiseño los cuales se valoran ambiental, técnica y económicamente.

Palabras clave: Ecodiseño, Análisis de ciclo de vida, Producción de libretas.

ABSTRACT

The general objective of this research is to propose a methodology using the life cycle analysis (LCA) tool to carry out a new eco-design of school notebooks that allows the reduction of the impacts that are generated during their implementation. This methodology based on the family of ISO 14040 Standards has four stages where once the objectives and scope have been determined, an inventory of raw materials and energy is made throughout the notebook production process, with the same and using the Open LCA software and The Impact 2002+ database determines the environmental impacts produced by these productions from the cradle to the grave and once these impacts have been analyzed, a set of improvements is proposed in their eco-design, which are assessed environmentally, technically and economically.

Keywords: Ecodesign, Life cycle analysis, Notebook production.

INTRODUCCIÓN

A pesar desde que se define el concepto de economía en el Siglo XVII como la ciencia de administrar los recursos escasos ante las necesidades ilimitadas del hombre (Cardoso, 2023; Pathak et al., 2022; Lee et al., 2023; Piñeiro, 2023), en este concepto la tal parece que la palabra ilimitada fue olvidada, y durante todo el Siglo XX y principios del XXI, se ha producido un crecimiento creciente y de los consumo de materias primas y energía que han puesto en el límite y en algunos casos traspasados las posibilidades del ecosistema ecológico de satisfacer el sistema económico. Ejemplo de ello es que en el Siglo XX la población mundial crece 4 veces, sin embargo, los consumos de energía crecen 7 y la actividad económica 11 (Maldonado, 2023; Schoijet, 2008).

Esta mentalidad consumista denominada economía lineal, la producción y los recursos se consideran limitados y los beneficios económicos se antepone a todos los demás criterios se basa en las palabras tomar-producir-disponer y los recursos se utilizan para crear un producto que satisface la necesidad de un consumidor y una vez que se satisface esa necesidad, el consumidor dispone el producto que termina como desechos en total o en parte en un 90 % cuando más a los 5 años (Horwich, 2024; Lopera, 2020; Mora et al., 2024).

Antepuesta a esta concepción de desarrollo surge en los años 80 del siglo pasado el concepto de desarrollo sostenible (Ceberio, 2022; López, 2020) que a la vez lleva implícito toda la definición de nuevos conceptos como economía ecológica, economía ambiental, bioeconomía, economía circular, economía social, economía de salud, bioeconomía, bioética, epistemología de segundo orden, holismo ambiental, complejidad, ecoinnovación, etc., que necesitan ser aplicados las sociedades para conseguir el desarrollo (López, 2024; Royo, 2020; Sangucho, 2024).

El concepto de economía circular, fruto de múltiples ideas y pensamientos de diferentes individuos (Bravo et al., 2021) a partir de la década de los años 70 tiene varias definiciones entre las que se puede citar: "un modelo de producción y consumo que implicar compartir, arrendar, reutilizar, reparar, rehabilitar y reciclar los materiales y productos existentes el mayor tiempo posible. De esta forma, se amplía el ciclo de vida de los productos" (del Pozo, 2021).

Una economía circular implica estudiar y aplicarla la cadena completa del producto, desde la extracción y producción hasta el consumo y la etapa fina de vida de los bienes siendo su objetivo maximizar el valor en cada punto de vista de un producto como se puede observar en la figura 1.

Fig. 1: Ciclo de Aplicación de la economía circular.



Fuente: tomado de Duch (2023).

Esta economía circular a la vez relacionada con la ecoinnovación utiliza algunas metodologías entre las que se destacan la gestión de recursos (materias primas y energía), la capacitación y formación, el ecodiseño, la digitalización, la técnica de alargar la vida, la evaluación de los impactos, las producciones más limpias, la gestión de residuos, la cooperación empresarial y las estrategias circular y normativas (Delgado, 2019; Imbernó & Souto, 2023).

El ecodiseño constituye una metodología que considera la afección ambiental de los productos desde su concepción, (aproximadamente el 80 % de los impactos que producen pueden prevenirse desde el proceso de diseño), para que, a lo largo de su ciclo de vida, sean menos lesivos para el medio ambiente.

Según la ISO 14040: 2009 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura los principales objetivos del ecodiseño se pueden considerar centrado en acciones orientadas a la mejora ambiental del producto en la etapa de diseño mediante:

- La mejora de su función.
- Selección de materiales menos impactantes.
- Aplicación de procesos producción alternativos.
- Mejora en el transporte y en el envase.
- Optimización de su uso.
- Minimización de los impactos en la etapa final de tratamiento.

El ecodiseño cobra especial importancia en los cada vez más demandados “mercados verdes”. Así, son los consumidores, tanto particulares como empresas, los que empiezan a valorar el impacto que causan los productos en el medio ambiente a la hora de adquirir un bien o servicio.

En este sentido, la concienciación y la educación son fundamentales por parte del consumidor, aspectos que van en aumento en una sociedad con cada vez mayores posibilidades de encontrar información. Por su parte, para las empresas la realización del ecodiseño es un aspecto clave, pero también lo es su comunicación para lograr un posicionamiento en el mercado como una organización ambientalmente responsable (Calle, 2020; Liao et al., 2017; Luz et al., 2022).

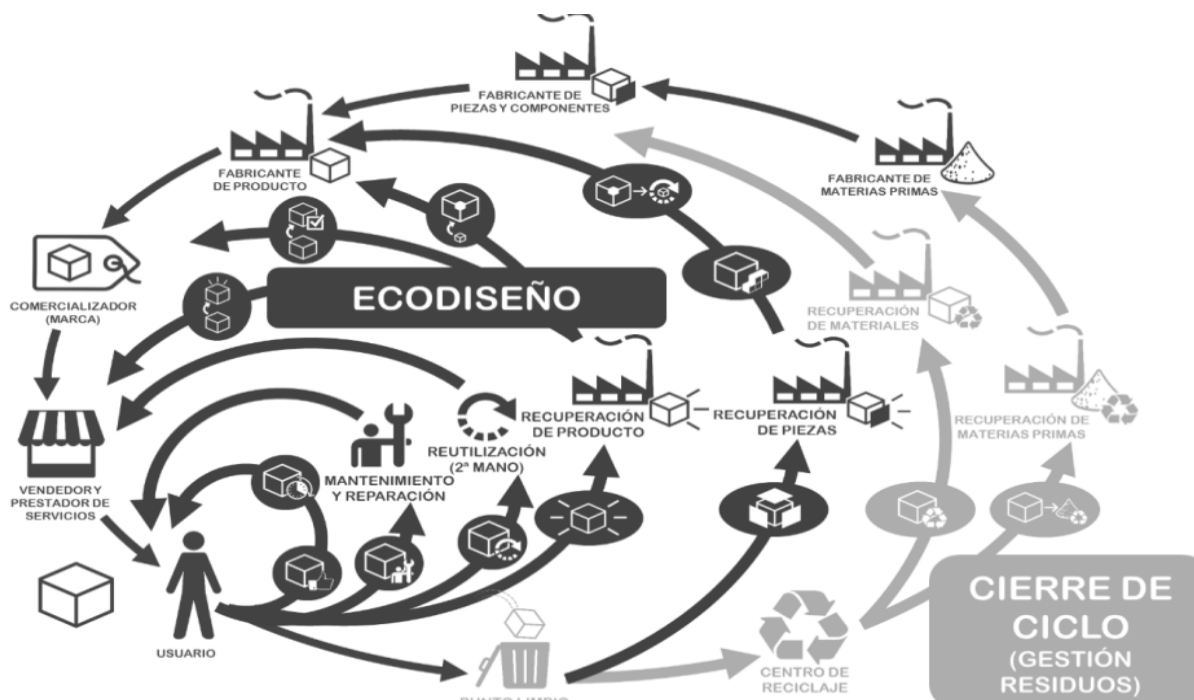
Pueden existir diferentes estrategias para aplicar la ecología ecológica en la ingeniería del diseño del producto como se puede ver en la figura 2.

La norma ISO 14 006: 2012 «Sistemas de Gestión Ambiental - Directrices para la incorporación del Ecodiseño» tiene el propósito es asesorar a las organizaciones que deseen incorporar el ecodiseño en el Sistema de Gestión Ambiental. El capítulo 5 contiene las directrices para tratar el ecodiseño como parte de un sistema de gestión ambiental alineado con la estructura de la NC ISO 14 001: 2004.

Algunos de los requisitos para ello son:

- Identificación y evaluación de aspectos: La organización debe identificar los aspectos ambientales, es decir los elementos que pueden originar impactos en el medio ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos a diseñar o rediseñar, posteriormente se seleccionan los impactos sobre los cuales se actúa en la fase de diseño del producto, minimizándolos o eliminándolos.
- Requisitos legales u otros requisitos: Se establece una sistemática para identificar y mantener al día los requisitos legales de carácter ambiental exclusivamente al producto o servicio a diseñar o rediseñar, como paso previo a su incorporación a la fase de diseño para asegurar su cumplimiento.

Fig. 2: Resumen de las principales estrategias de economía circular en el ecodiseño del producto.



Fuente: tomado de Balboa & Somonte (2014).

- **Comunicación:** Resulta clave suministrar información de forma activa a los agentes afectados a lo largo del ciclo de vida sobre su actuación para el óptimo comportamiento ambiental del producto, por ejemplo, a los consumidores en la etapa de uso o a los valorizadores en la de reciclaje.
- **Control operacional:** mediante el control operacional se incorpora en el proceso de diseño y desarrollo una sistemática de identificación, control y mejora continua de los aspectos ambientales de todos los productos o servicios de la empresa. Para facilitar al equipo de diseño y desarrollo la integración de la variable ambiental en su trabajo y a demanda de las empresas, la estructura de este requisito coincide con el apartado sobre diseño y desarrollo de la NC ISO 9 001: 2008.
- **Formación de los equipos de ecodiseño:** cabe citar que el ecodiseño fomenta el cambio en la formación tradicional de la organización de los equipos de diseño, ya que se nutre del trabajo interdisciplinario de todos los departamentos que intervienen en el proceso de diseño y desarrollo (no solo de los directamente relacionados con el mismo) incluidos comercial, compras, producción.

Existen diferentes herramientas para la mejora ambiental en los productos y procesos, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Herramientas mas usadas para hacer ecodiseño.

HERRAMIENTA	TIPO DE VALORACION
Valoración de la estrategia ambiental del producto (EA)	Subjetiva Cualitativa
Evaluación del cambio del diseño (ECD)	Subjetiva Semicuantitativa Monovectorial
Matriz (MET)	Subjetiva Semicuantitativa Multivectorial
Análisis del ciclo de vida (ACV)	Objetiva Cuantitativa Multivectorial

Fuente: Elaboración propia a partir de los criterios de Aguayo et al. (2011).

De las mismas la más usada en la actualidad es el análisis del ciclo de vida (ACC) que se puede conceptualizar como un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental. El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final (Leiva, 2016).

El ACV no sigue una metodología fija, no hay una única manera de realizar una evaluación de este tipo. Al contrario, tiene varias alternativas de softwares y bases de datos, y por lo tanto se debe estar familiarizado con los métodos científicos de investigación y con la evaluación del sentido común de las cuestiones complejas antes de realizar este tipo de estudio.

Esto hace del método su carácter dinámico, y las cuatro etapas en las que se realiza están relacionadas entre ellas; por lo que a medida que se obtienen resultados, se pueden modificar o mejorar los datos, las hipótesis, los límites del sistema o los objetivos, lo cual exige el recálculo. Entre las ventajas del método para hacer ecodiseño se puede mencionar: González-Yebra et al. (2024); Predassi (2024).

- El mismo establecer prioridades ambientales como base para la realización del diseño. Basado en su enfoque sistémico, el ACV analiza todos los impactos durante todo el ciclo de vida de un producto, identificando las prioridades con base en las cuales se definen las estrategias preventivas del mejoramiento del desempeño ambiental del futuro producto. Esto favorece la adopción de patrones de consumo y producción sostenible
- El ACV permite una comparación total de todos los impactos ambientales del producto o servicio a diseñar desde diferentes alternativas de productos que entregan una función o desempeño equivalente, lo que permite que los diseñadores pueden seleccionar productos que son menos dañinos al ambiente de una manera integral y comparativa.
- La metodología del ACV, además de permitir un seguimiento sobre cada uno de los pasos del proceso, determina cuáles son los impactos más significativos, los cuantifica y les asigna un ecopuntaje para facilitar así una comparación de desempeño ambiental entre procesos similares.
- Aplicar esta metodología en cualquier empresa trae una serie de ventajas que posteriormente pueden aprovecharse para el desarrollo de otras actividades empresariales, por ejemplo; el uso como herramienta para la toma de decisiones en la compra de productos ambientales, el ahorro de costes al subsanar deficiencias en el aprovechamiento de materias primas, energía, agua, la ayuda a elaborar los criterios requeridos para la obtención del etiquetado de productos ecológicos, análisis del cumplimiento de la legislación ambiental y facilita la implantación de un sistema de gestión ambiental y energético.
- En cuanto a los aspectos financieros, el ACV puede ser una ayuda útil para bajar los costos en la medida que el nuevo diseño y los nuevos procesos de fabricación, transporte, mantenimiento y distribución, del mismo, poseen una mayor eficiencia y eficacia económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio del diseño de las libretas se tienen en cuenta las recomendaciones realizadas por el Instituto Tecnológico de Óptica, Color e Imagen Sistema (2007) sobre la gestión del diseño de los productos industriales impresos que se observa en la figura. 3.

Cumpliendo las misma el equipo de diseño considera las opiniones de los agentes de industria, preimpresión, usuario final, medioambientales, legislativos y normativos que recomiendan sus criterios en cada especialidad

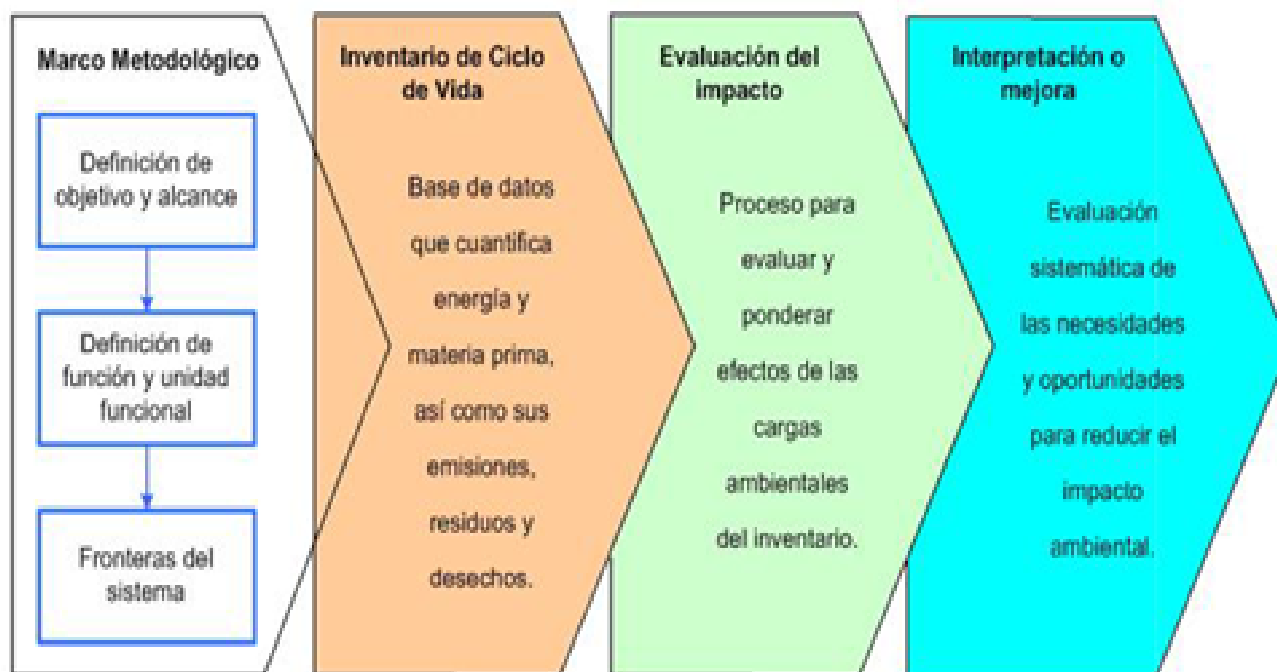
La metodología usada para el ecodiseño se basa en las normas ISO 14 0044: 2009 denominada Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. Esta norma define que el ciclo de vida tiene 4 etapas como se puede observar en la figura 4.

Fig. 3: Criterios para hacer un diseño gráfico.



Fuente: Instituto Tecnológico de Óptica, Color e Imagen (2007)

Fig. 4: Etapas del análisis de ciclo de vida.



Fuente: ISO 14 0044: 2009.

1^{ra}: MARCO METODOLÓGICO: esta etapa del análisis se dejar claro los principales procedimientos científicos utilizados en el trabajo como: la identificación de criterios de análisis, sus variables más importantes, los objetivos y limitaciones que tiene el procedimiento, la identificación de los criterios de análisis, concreción de las técnicas de recogida de datos, procesamiento de los mismos, los cuales son de vital importancia en condicionar, demarcar y restringir el trabajo realizado. Los principales datos a tener en cuenta son:

Definición de objetivos y alcance: Propósito y aplicación del estudios, objetivos y alcance.

Definición de función y unidad funcional. Unidad funcional de producto a evaluar, unidad funcional de todas las entradas y salida del sistema, conjunto de procesos a evaluar, calidad y fuente de los datos, su incertidumbre y viabilidad, precio y calidad de las salidas y entradas, base de datos para evaluar los impactos.

Fronteras del sistema: límites del sistema, procesos y etapas del sistema que van a ser considerados en el estudio, procedimiento para la asignación de cargas, temporalidad geográfica, tecnológica.

2^{da} INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA: El análisis del inventario es una lista cuantificada de todos los flujos entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia de sus componentes, así como las emisiones, residuos y desechos producidas en cada uno de los procesos y sistemas. Esta etapa se recomienda.

Esquema de todas las entradas, salidas y procesos intermedios de materias primar, agua y energía dentro de los límites del sistema.

Recogida de los datos teniendo en cuenta su confiabilidad, variabilidad e incertidumbre para la cual se recomienda el uso de datos estadísticos para garantizar esto.

Balance de materia prima y energía

3^{ra} EVALUACION DEL IMPACTO: La evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), va dirigida a evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario. En general, este proceso implica la asociación de datos del inventario con impactos ambientales específicos tratando de valorar dichos impactos. Este proceso requiere del uso de softwares y base de datos para transformar estos inventarios en impactos ambientales. El nivel de detalle, la elección de impactos evaluados y las metodologías

usadas dependen del objetivo y alcance del estudio. Esta etapa conlleva

- Selección del software y metodología de base de datos más apropiada.
- Introducción de los datos al software y obtención de sus resultados.
- Ajuste de estos datos mediante procedimientos de normalización de los mismo.
- Obtención de los diferentes datos de impacto asociados al proceso.

4^{ta} INTERPRETACION Y MEJORA: Primeramente, se hace interpretación que de los impactos obtenidos determinando los más significativos y posibles candidatos a mejoras ambientales. A partir de esta interpretación se hacen propuesta de mejoras y se evalúan y comparan los resultados de estas nuevas propuestas. Los pasos de esta etapa son:

Interpretación de los resultados y determinación de los impactos significativos.

Propuestas de mejoras de estos impactos.

Valoración técnica, ambiental y económica de su factibilidad.

Correr de nuevo el programa de ciclo de vida con las propuestas de mejora y compararlas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

1^{ra}: MARCO METODOLÓGICO

Objetivo del estudio. El presente estudio de análisis de ciclo de vida ha sido solicitado por la dirección de la Empresa Gráfica estudiada Los objetivos del estudio son:

1. Analizar el proceso de realización de libretas escolares en la Empresa Gráfica Cienfuegos, para identificar los impactos al medioambiente en cada fase del proceso.
2. Evaluar y cuantificar los impactos medioambientales que se generan durante la producción de libretas en la Empresa Gráfica Cienfuegos.
3. Valorar variantes de mejora para reducir los impactos negativos al medioambiente a lo largo del ciclo de vida de las libretas escolares.

Alcance del estudio.

El alcance del estudio abarca los siguientes aspectos:

Funciones del sistema estudiado: El uso final del producto es como insumo de otras empresas; siendo el principal cliente el Ministerio de Educación de Cuba.

Unidad funcional: Como unidad funcional del sistema se tiene la producción de 200 MU de libretas escolares.

Definición de los límites del sistema: Los criterios utilizados para determinar los límites del sistema se identifican y justifican en el objetivo y alcance definidos anteriormente los cuales se delimitan:

Límites geográficos: El análisis de ciclo de vida realizado se limita a la realización de libretas escolares en la Empresa Gráfica Cienfuegos, perteneciente al municipio de Cienfuegos, ubicado en la ciudad del mismo nombre.

Límites temporales: El horizonte temporal considerado es el año 2022.

Etapas excluidas del análisis: Para este estudio quedan excluidas: las cargas ambientales relativas a la fabricación y mantenimiento de las maquinarias e infraestructuras necesarias para la Industria Gráfica, la fabricación de los insumos gráficos, los vehículos de transporte de insumos gráficos, se excluyen los materiales: goma arábiga y limpiador de rodillos y mantas por no encontrarse en la base de datos del utilizada y tener un impacto poco significativo por la cantidad usada.

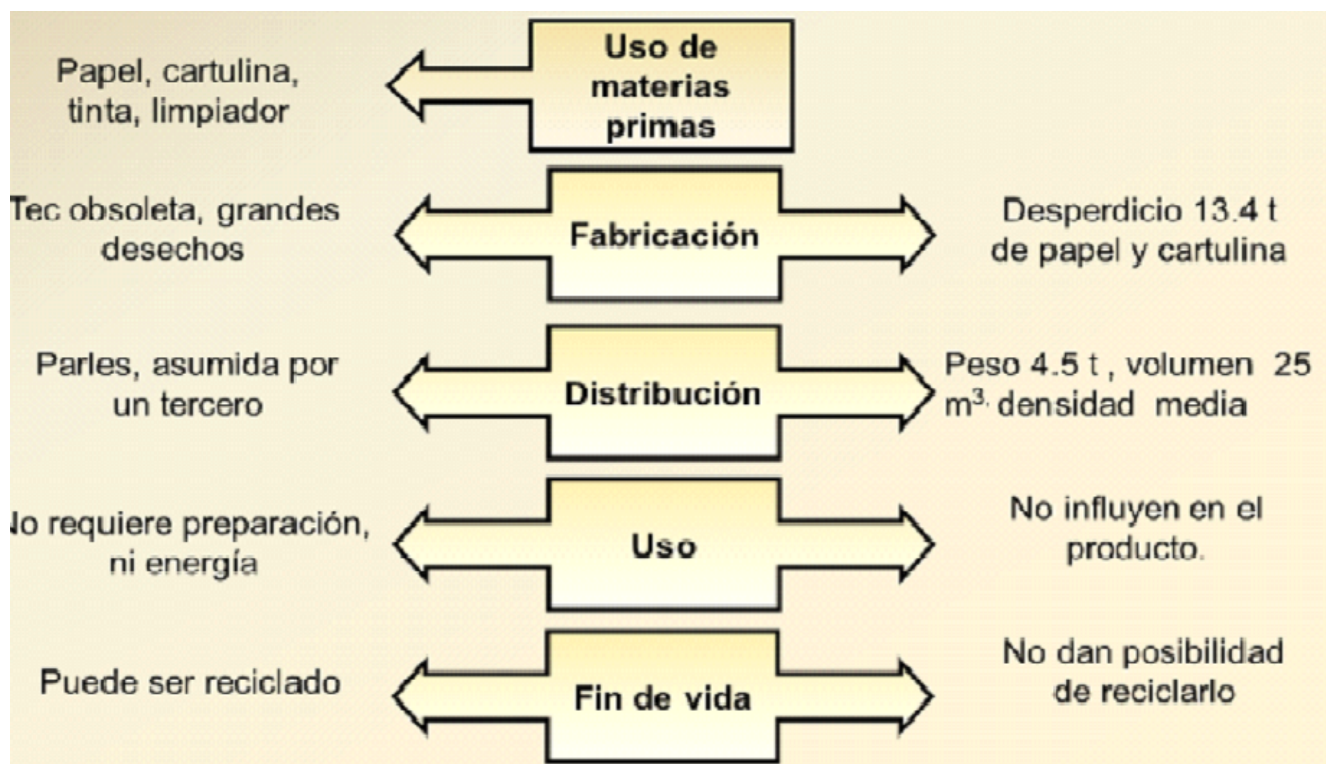
Calidad de los datos Los requisitos de calidad de los datos se definen para dar cumplimiento a los objetivos y alcance del estudio realizado. Se seleccionan los procesos cuya contribución a los flujos de masa y energía se espera que sea importante y donde las emisiones constituyen relevantes para el medio ambiente. Estos procesos son pre impresión, impresión offset y encuadernación.

Marco de Referencia. Se utilizan la herramienta informática software Open LCA para convertir los inventarios en impactos. Después de consultada la literatura y hacer realizado varias corridas de datos con diversas metodologías de base de datos se selecciona Impact 2002+, por considerar que es la más apropiada para los materiales e impactos que presentaban la producción de libretas (Dreyer, 2023; Rodríguez, 2021)

2da INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

En la Figura 5 se muestra un diagrama simplificado de la producción de libretas en la industria.

Fig 5. Diagrama simplificado de la producción de libretas.



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta este diagrama se realiza un balance de materias primas y energía para la entrada y desechos intermedios para 20 000 libretas que es el plan de producción de la planta para un año. Los consumos de materias primas, agua y energía se le realiza un análisis estadístico con diagramas de Pareto, Control y Regresión para garantizar su confiabilidad.

A partir de este diagrama de proceso se realiza un balance de materia prima y energía de los principales procesos de impresión obteniendo los resultados presentados en la tabla 2.

Tabla 2: Inventario de materias primas y energía para la fabricación de libretas.

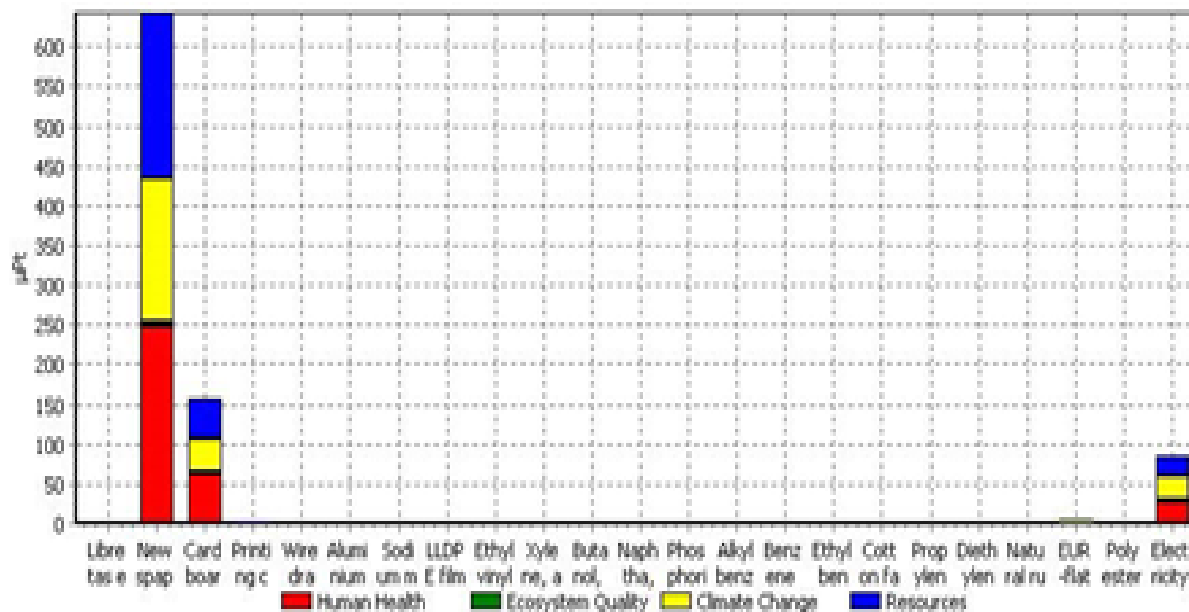
PRODUCTO	UNIDAD	TOTAL	PRODUCTO	UNIDAD	TOTAL
PARA UNA SALIDA DE					
Libretas escolares	MU	200			
ENTRADAS Y PROCESOS INTERMEDIOS					
Papel poliéster para láser	U	10	Vinalitis	U	4
Limpiador de Vinalitis	Lts	0.5	Limpiador de planchas	Lts.	15
Planchas presensibilizadas anodizada	U	100	Limpiador de mojadores	Lts.	10
Revelador de planchas	Lts.	20	Solución fuente Lts 50	Lts.	50
Scortape	U	1	Mantas de caucho	U	6
Papel gaceta 48.8 g	Tn	27	Tinta azul	Kg	150
Cartulina blanca cromada	Tn	11	Alambre 25	U	20
Parles U 200	U	200	Corrector para planchas positivas	Lts.	0.5
Nylon m 550	m	550			
Consumo de Agua			Consumo de Electricidad		
Agua	m3	850	Energía Eléctrica	kWh	13000
Flujos finales de residuos					
Desechos de papel, cartulina y embalajes de bobinas	Tn.	13.4	Envases vacíos con residuos de tinta	Kg	25
Residuos de plástico	Kg	5	Envases vacíos de químicos	Kg	2.2
Residuos de planchas de aluminio en des uso	U	100	Emisiones al agua		
Recortaría y planchas no conformes	Kg	12	Agua de enjuague de fotomecánica	M ³	920
Paños sucios	Kg	0.8			

Fuente: Elaboración propia.

- 3ra EVALUACION DEL IMPACTO:

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos de los impactos producidos en la producción de libreta divididos en 4 grandes grupos: daños a la salud, humana, uso de recursos de los ecosistemas, aportes al cambio climático y daños a la Salud. Del análisis del gráfico se puede que los mayores impactos negativos significativos se concentran fundamentalmente en el papel gaceta (74%), la cartulina blanca cromada (14) y el consumo de energía eléctrica (9 %). En relación a la clasificación en reparten en daños a la salud humana (38 %), uso de recursos (32 %) y cambio climático (32 %).

Fig. 6: Impactos ambientales producidos en la producción de libretas.



Analizando 1 kg (Libretas escolares en soporte de papel de fibra virgen); Método: IMPACT 2002+ V2.03 / IMPACT 2002+ / puntuación única

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Impact 2002+.

4ta PROPUESTA DE MEJORA:

El equipo de ecodiseño analiza estos impactos ambientales y además tiene en cuenta los criterios legislativos, de impresión, industriales, gráficos, funcionales y normativos necesario para la producción de libretas de acuerdo a las condicionantes de la empresa grafica estudia.

De este análisis se concluye que las principales propuestas de mejora factibles técnicamente de realizar en la mejora del ecodiseño de la producción de libretas se deben centrar:

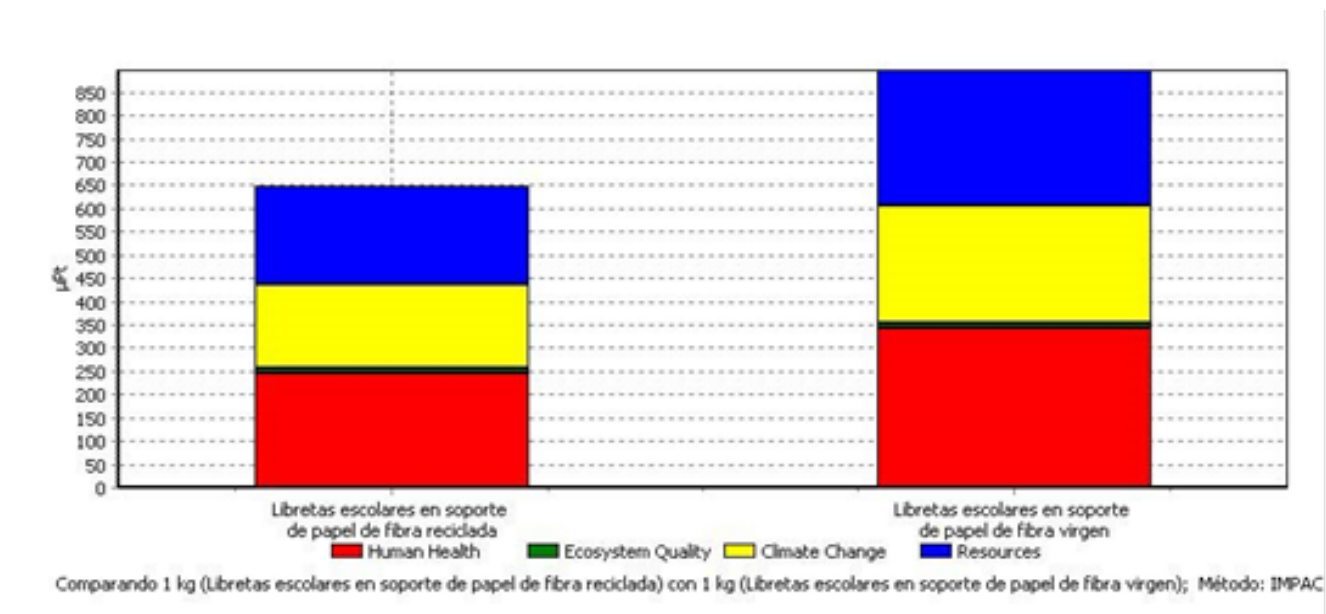
- Utilizar papel reciclado cuyo contenido de fibras recicladas sea mayor o igual al 80% (con un contenido en fibra posconsumo mayor o igual al 65%) y en cuya producción se haya seguido un proceso de blanqueado totalmente libre de cloro (PCF).
- Escoger el sistema de encuadernación que implique una menor utilización de recursos.
- Diseñar el material para que, en la medida de lo posible, sea duradero y resistente.
- Usar tintas que empleen sistemas de base acuosa, con escaso porcentaje de solventes orgánicos, si es posible, tanto técnica como económicamente, deben utilizarse tintas con aceites vegetales.
- Evitar el uso de tintas con pigmentos con metales pesados. Si es posible, tanto técnica como económicamente, deben utilizarse tintas recicladas dentro del proceso.
- Usar cantidad necesaria de solvente.
- Utilizar tecnología computador–a–placa: La tecnología de computador—placa involucra el preparado de placas a través del uso de láser.
- Imprimir ejemplares lo más cerca posible del lugar de destino.
- Optar por un tercero que realice servicios de distribución.

- Instalar en la empresa paneles solares para la obtención de energía en sus producciones.

A interpretar el ciclo de vida como anteriormente se explica, la mayor posibilidad de mejora del producto en el ecodiseño se encuentra en la sustitución del papel de fibra virgen por el papel reciclado. Producto este análisis se decide hacer una valoración ambiental económico de la sustitución de este por papel gaceta papel reciclado cuyo contenido de fibras recicladas sea mayor o igual al 80% (con un contenido en fibra postconsumo mayor o igual al 65%) y en cuya producción se haya seguido un proceso de blanqueado totalmente libre de cloro (PCF). Una comparación del ciclo de vida de ambas variantes se puede ver en la figura 7; de su análisis se puede ver como disminuye un 30 % de los impactos ambientales del producto con esta sustitución.

Desde el punto de vista técnico no hay que realizar cambios en la tecnología, ni en el flujo productivo, generar mayor ni menor cantidad de desperdicio de papel, porque se espera que el comportamiento de este papel durante la su impresión sea el igual al anterior.

Fig. 7: Gráfico comparativo de la contaminación producida con los dos tipos de papel.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Impact 2002+.

Para la evaluación económica se utiliza el método de beneficio Costo (B/C), que se define por la siguiente ecuación (1). Si $B/C \geq 1$, aceptar el proyecto, de otra manera se rechaza el proyecto

$$Razón \frac{B}{C} = \frac{VPI}{VPE} \tag{1}$$

VPI – Ingresos adquiridos por la venta del producto.

VPE – Gastos en la realización del producto-cliente ecuación:

Se hacen los cálculos para 200 000 libreta que es lo demandado por el cliente en un año, ver tabla 3.

Tabla 3: Cálculo de Costo beneficio del ecodiseño de cambio de papel.

Concepto	U/M	Cantidad
Materias primas y materiales	Pesos	524 563.22
Gastos de elaboración	Pesos	14 205.81
Otros gastos directos	Pesos	605.88
Gastos indirectos de producción	Pesos	1 232.54
Gastos generales de administración	Pesos	3 175.93
Gastos de distribución y venta	Pesos	1 159.00
Gastos bancarios	Pesos	39.43
Gastos totales o costo de producción	Pesos	544 981.81
Margen de utilidad s/base autorizada 10 %	Pesos	54 498.18
Precio total	Pesos	599 479.99
$Razón B/C = \frac{599479.99}{544981.81} = 1.1 > 1$		La mejora es aconsejable económicamente

Fuente: Elaboración propia.

El valor obtenido se considera aconsejable económicamente realizar la mejora por lo que la inversión puede ser factible.

CONCLUSIONES

La utilización de la herramienta de análisis de ciclo de vida resulta de utilidad para determinar los principales impactos ambientales en la producción de libretas en una empresa gráfica cubana. En este caso específico los impactos ambientales se concentran fundamentalmente en el papel gaceta (74%), la cartulina blanca cromada (14) y el consumo de energía eléctrica (9 %), repartidos daños a la salud humana (38 %), uso de recursos (32 %) y cambio climático (32 %).

La combinación del análisis de ciclo de vida con otras herramientas de gestión, favorecen el análisis y permite el alcance de soluciones adecuadas para los procesos inmersos. Dicha combinación permite proponer mejoras para la disminución de los impactos ambientales en: la fase de diseño, en la utilización adecuado del soporte a imprimir, en el uso sostenible de tintas, mejoras en el proceso de humectación, en el ahorro de solventes en el flujo productivo, en el uso de fuente renovables de energía y durante el embalaje y distribución.

Una valoración de cambio de ecodiseño de las libretas mediante la sustitución de papel gaceta, por papel de fibra virgen el papel reciclado es factible tecnológicamente, al no necesitar hay cambios en la tecnología, ni cambios en el flujo productivo, ni generar de desperdicio de papel; ambientalmente debido a la disminución de un 30 % de la contaminación del producto y económicamente, donde un análisis costo beneficio muestra valores que aconseja la inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, F., Estela, P. M., Lama, J. R., & Soltero, V. M. (2011). *Ecodiseño. Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C)*. RC libros.
- Balboa, C. H., & Somonte, M. D. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Informador técnico*, 78(1), 82-90. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4881026.pdf>
- Bravo Amarante, E., Schulz, R. K., Romero Romero, O., López Bastida, E. J., & Güereca, L. P. (2021). Análisis de decisiones multicriterio en la integración de herramientas de la economía ecológica. *Universidad Y Sociedad*, 13(4), 468-477. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2194>
- Calle, M. P. L. (2020). El reto tras el eco-diseño. *Actas de Diseño*, (32). <https://doi.org/10.18682/add.vi32.2058>
- Cardoso, A. L. L. (2023). HOLISMO AMBIENTAL: ÉTICA DA TERRA E ECOLOGIA PROFUNDA. *Revista Instante*, 5(1), 146-166. <https://revista.uepb.edu.br/revistainstante/article/view/1734>
- Ceberio, M. R. (2022). Desafiar, preguntar, reflexionar. Crear desorden en los conocimientos para crear nuevos conocimientos. *Ajayu Órgano de Difusión Científica del Departamento de Psicología UC BSP*, 20(2), 258-272. <https://ajayu.ucb.edu.bo/a/article/view/108>
- Delgado Díaz, C. (2019). *Bioética y medio ambiente*. Editorial Félix Varela. La Habana.
- del Pozo, C. F. M. (2021). La economía circular: hacia el completo desarrollo del crecimiento sostenible en la Unión Europea. *Desarrollo en Brasil, España y la Unión Europea*, 135. <https://www.torrossa.com/en/resources/an/4883218#page=135>
- Dreyer, L., Niemann, A., Hauschild, M., (2003). Comparison of Three Different LCIA Methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99: Does it matter which one you choose? *The international journal of life cycle assessment*, 8, 191-200. <https://doi.org/10.1007/BF02978471>

- Duch, J. (2023). Economía circular: definición, importancia y beneficios. Parlamento Europeo, 1-6.
- González-Yebra, Ó., Rey, A. L., Becerra, A. T., & Takeuchi, C. P. (2024). Explore in ecodesign. the design of a market stall as a case study. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 26(5), 1-14. DOI: 10.22320/s0718221x/2024.05
- Horwich, P. G. (Ed.). (2024). *World changes: Thomas Kuhn and the nature of science*. University of Pittsburgh Press.
- Imbernó Díaz, A. L., & Souto Anido, L. (2023). "Una mirada al binomio de Innovación y Economía Circular en Cuba. GECONTEC: *Revista Internacional De Gestión Del Conocimiento Y La Tecnología*, 11(2), 22-43. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10431412>
- Instituto Tecnológico de Óptica, Color e Imagen. (2007). Criterios básicos de eco edición. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/participa_con_nosotros/buenas_practicas/ecoedicion/basico_ecoedicion.pdf
- ISO 14040: 2009 «Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura».
- ISO 14 006: 2012 «Sistemas de Gestión Ambiental – Directrices para la incorporación del Ecodiseño».
- Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., ... & Park, Y. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.00>
- Leiva, E. H. (2016). Análisis de ciclo de vida. Escuela de organización industrial, España.
- Liao, Y., Ramos, L. F. P., Saturno, M., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Szejka, A. L. (2017). The role of interoperability in the fourth industrial revolution era. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12434-12439. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1248>.
- Lopera Calle, M. P. (2020). El reto tras el eco-diseño. *Actas de Diseño*, 15(32). <https://doi.org/10.18682/add.vi32.2058>
- López Bastida, E. J. (2020). Lecciones aprendidas y retos que nos está dejando la pandemia de COVID-19 desde la visión de la economía ecológica. *Universidad Y Sociedad*, 12(3). <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1570>
- López Bastida, E. (2024). Editorial. La necesidad de unir el estudio de las tecnociencias y las humanidades. *Universidad Y Sociedad*, 16(5). <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4589>
- Luz Tortorella, G., Cauchick-Miguel, P. A., Li, W., Staines, J., & McFarlane, D. (2022). What does operational excellence mean in the Fourth Industrial Revolution era? *International Journal of Production Research*, 60(9), 2901-2917 <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1905903>
- Maldonado, C. E. (2023). Cinco tesis (y cinco conjeturas) acerca de la complejidad del origen y la naturaleza de la vida. *Revista Iberoamericana de Complejidad y Ciencias Económicas*, 1(1), 37-52. <https://revistas.ulasalle.edu.pe/ricce/article/view/104>
- Mora Barrero, I. C., Duarte Suárez, H. L., & Duarte Suarez, A. C. (2024). Sustentabilidad y desarrollo económico circular. *Yachana Revista Científica*, 13(2), 121-135. <https://doi.org/10.62325/10.62325/yachana.v13.n2.2024.892>
- Pathak, M., Slade, R., Pichs-Madruga, R., Ürge-Vorsatz, D., Shukla, R., & Skea, J. (2022). Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change: Technical Summary. https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/19259/1/IPCC_AR6_WGIII_TechnicalSummary.pdf
- Piñero, M. A. (2023). Transcomplejidad: Una Epistemología Emergente Orientada Al Desarrollo De Un Pensamiento Integrador. *Miradas transcompleja*, 3(1). https://reditve.com/revistas/index.php/miradas_transcompleja/article/view/47
- Predassi, S. (2024). Futuro circular: Estrategias de ecodiseño y economía circular. *Proyectual-D*, (1), e004. <https://doi.org/10.24215/30087473e004>
- Rodríguez Pérez, B. (2021) Análisis Del Ciclo De Vida (ACV)-IG33-202102. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/663653>
- Royo, M., Chulvi, V., Mulet, E., & Ruiz-Pastor, L. (2020). Análisis de la extensión de la vida de uso en las herramientas y métodos de ecodiseño.
- Sangucho, I. P. R. (2024). Reflexiones ético filosóficas sobre la ciencia y tecnociencia. *Revista de filosofía*, 41(107), 162-171. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9605525>
- Schoijet, M. (2008). Límites del crecimiento y cambio climático. Siglo XXI.