

INFORME DE HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO

Compumax

DESKTOP DRACO SERIES



Fecha de realización: 28/11/2023

Contenido

GLOSARIO	4
ACRÓNIMOS.....	5
1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	7
2 ASIGNACIÓN.....	7
3 ALCANCE DEL ESTUDIO	7
3.1 Descripción del producto	7
3.2 Unidad funcional y función del sistema	7
3.3 Flujo de referencia	8
3.4 Descripción del proceso de ensamblaje	9
3.5 Límites del sistema	9
3.5.1 Cobertura temporal	10
3.5.2 Cobertura tecnológica.....	10
3.5.3 Cobertura geográfica.....	10
3.6 Limitaciones y suposiciones	10
3.7 Escenarios de fin de vida	10
3.8 Requisitos de calidad de datos.....	11
4 INVENTARIO DE CICLO DE VIDA	12
4.1 Datos por etapas	12
4.1.1 Producción	12
4.1.2 Transporte aguas arriba	12
4.1.3 Transporte aguas abajo	13
4.1.4 Empaque del producto	13
4.1.5 Uso del producto	13
4.1.6 Fin de vida del producto	14
4.2 Entradas y salidas.....	14
5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO	16
5.1 Metodología y categoría de impacto ambiental	16
5.2 Factores de caracterización	17
5.3 Resultados	17
5.3.1 Calentamiento global.....	17
5.3.2 Consumo de energía	18
6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	19
7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	20
8 BIBLIOGRAFÍA	20
ANEXO I FACTORES DE CARACTERIZACIÓN	21

Fecha de realización	28/11/2023
Título del reporte	Huella de carbono del computador desktop Draco Series para el año 2022
Declaración de responsabilidad	La información de este reporte ha sido compilada y calculada de fuentes creíbles. La aplicación de los datos es estrictamente bajo criterio y responsabilidad del lector, no se asume ningún daño por parte de los autores causado por el uso de la información contenida en este documento.
Equipo del proyecto	Compumax: Soledad Santos (soledad.santos@compumax.com) Centro de Formación Sostenible: Jenny Lorena Victoria (contacto@centrodeformacionsostenible.com)
Unidad Funcional	Equipo desktop Draco Series
Alcance geográfico	El equipo desktop Draco Series es ensamblado en las instalaciones de Compumax Computer SAS., ubicadas Av Troncal de Occidente # 20-85 Manzana 6, Lote 34, Bodega 2 Zona Franca de Occidente Mosquera - Cundinamarca
Metodología	Análisis de ciclo de vida (ACV) según ISO 14040:2006 y 14044:2006 e ISO 14067:2018

GLOSARIO

- **CICLO DE VIDA:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.
- **ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA:** recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida.
- **ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA ICV:** fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida.
- **EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA:** fase del análisis del ciclo de vida dirigida a conocer y evaluar la magnitud y cuán significativos son los impactos ambientales potenciales de un sistema de producto a través de todo el ciclo de vida del producto.
- **INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA:** fase del análisis del ciclo de vida en la que los hallazgos del análisis del inventario o de la evaluación del impacto, o de ambos, se evalúan en relación con el objetivo y el alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.
- **SISTEMA DE PRODUCTO:** es el conjunto de etapas que componen el ciclo de vida en estudio. Un sistema puede tener varias funciones y las seleccionadas para el estudio dependen del objetivo y el alcance del ACV.
- **UNIDAD FUNCIONAL:** es la unidad de referencia en la cual se expresan, desde un punto de vista matemático, los datos de entrada y salida.
- **PROCESO:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
- **FLUJO ELEMENTAL:** materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.
- **CO₂ EQUIVALENTE (CO₂ e):** unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento global (PCG) de cada uno de los 6 gases efecto invernadero, expresado en términos del PCG de una unidad de dióxido de carbono. Se utiliza para evaluar la liberación de diferentes GEI contra un común denominador.
- **EMISIONES:** liberación de Gases Efecto Invernadero a la atmósfera.
- **FACTOR DE EMISIÓN:** factor que permite estimar emisiones de GEI a partir de los datos de actividades disponibles (como toneladas de combustible consumido, toneladas de producto producido) y las emisiones totales de GEI.
- **GASES EFECTO INVERNADERO (GEI):** componentes gaseosos que se encuentran en la atmósfera y su origen es natural y antrópico. Los GEI son los 6 gases que están listados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); hidrofluorocarbonos (HFCs); perfluorocarbonos (PFCs); y hexafluoruro de azufre (SF₆).
- **HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO (HCP):** suma de emisiones de gases de efecto invernadero y remociones en un sistema de producto, expresadas como CO₂ equivalente y con base en un análisis de ciclo de vida utilizando una sola categoría de impacto, la de cambio climático.
- **POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL - PCG:** factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de dióxido de carbono en un periodo determinado.
- **IPCC:** Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

ACRÓNIMOS

ACV Análisis de ciclo de vida

EICV Evaluación del impacto del ciclo de vida

ICV Análisis del inventario del ciclo de vida

PCG Potencial de calentamiento global

IPCC Panel intergubernamental de cambio climático

CO₂e Dióxido de carbono equivalente

RESUMEN

Para asegurarse de cumplir con los estándares de sostenibilidad definidos por EPEAT y comprender cómo el análisis del ciclo de vida puede contribuir al desarrollo de productos más amigables con el medio ambiente, Compumax ha llevado a cabo un estudio detallado para evaluar su línea de escritorios Draco series. Este análisis se adhiere a las directrices establecidas en las normas ISO 14040, ISO 14044, ISO 14064-3 e ISO 14067.

El estudio de huella de carbono del desktop Draco Series abarca desde la extracción de las materias primas hasta el final de la vida útil de estos equipos. Considerando una vida útil estimada de 5 años para la unidad funcional de Compumax, se ha evaluado su consumo, alineado con los cálculos requeridos para obtener la certificación Energy Star.

Este estudio se ha realizado tomando como base el año 2022 y considerando que las materias primas provienen listas desde China y son ensambladas en Colombia.

El estudio incluye la evaluación del índice de calentamiento global, una categoría de impacto basada en el método de evaluación del IPCC, robusta y aceptada ampliamente por la comunidad científica mundial en línea con los requisitos establecidos en el criterio 4.8.1.2 de la IEEE 1680.1-2018.

Los resultados del análisis señalan que gran parte del impacto de cambio climático en el ciclo de vida del producto se origina en la fabricación de sus componentes, seguido por su uso.

1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El estudio tiene como objetivo evaluar la huella de carbono del ciclo de vida del equipo desktop Draco Series con el fin de obtener la ecoetiqueta EPEAT. Los resultados del estudio serán publicados a los consumidores y no están previstos para realizar aseveraciones comparativas de divulgación pública.

2 ASIGNACIÓN

Se toma la asignación de la base de datos Ecoinvent 3.8 disponible en: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/data-releases/ecoinvent-3-8/#1610466712317-feocb20b-4740>

Para el presente estudio el método de asignación tiene en cuenta toda la información del periodo comprendido entre el 01 de enero y el 31 de diciembre de 2022, toda la información utilizada como la relación de compras de materias primas, transportes, exportación y demás comprende a lo que Compumax adquirió durante dicho periodo.

Para el análisis del inventario de ciclo de vida se tiene en cuenta una asignación másica debido a que se tienen en cuenta las masas de cada componente de la unidad funcional.

3 ALCANCE DEL ESTUDIO

3.1 Descripción del producto

El equipo desktop Draco Series (Fig. 1) es ensamblado en Colombia, sus componentes provienen de China y su disco duro de Estados Unidos. Los principales componentes del equipo se describen en el capítulo 3.2. Las demás características del equipo pueden verse en el Anexo 1 “Manual Usuario desktop Draco Series”.



Fig 1. Unidad funcional

3.2 Unidad funcional y función del sistema

La unidad funcional es 1 unidad Desktop Draco Series y su vida útil es de 5 años. El consumo medio de esta unidad, según certificaciones Energy Star, es de 64,34 kWh/año.

El sistema de producto bajo estudio tiene la función de cumplir tareas comunes de la informática moderna, es decir, permite navegar por Internet, estudiar, escribir textos y realizar otros trabajos de oficina o educativos, como editar textos y bases de datos, además de actividades de ocio, como escuchar música, ver videos, jugar, etc.

3.3 Flujo de referencia

El enfoque del flujo de referencia en el ciclo de vida del producto se dirige hacia una unidad funcional con una vida útil estimada de aproximadamente 5 años (Fig. 2). En el caso del computador, su función principal es llevar a cabo actividades informáticas específicas. Por lo tanto, su flujo de referencia se basará en las 14.600 horas de uso dedicadas a estas actividades.

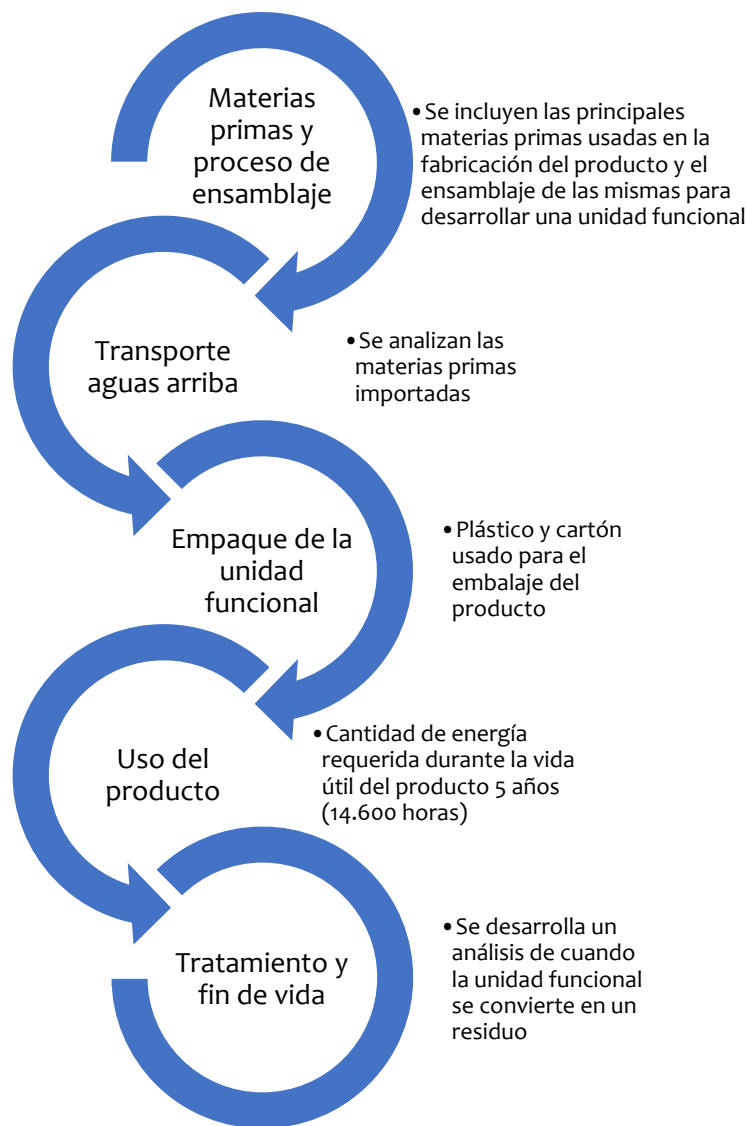


Fig. 2. Etapas del ciclo de vida

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE

Compumax se especializa en la etapa esencial del proceso de fabricación de computadoras: el ensamblaje. La empresa se centra en la integración meticulosa de los componentes para asegurar la funcionalidad y calidad óptimas de cada sistema informático que sale de sus instalaciones.

El proceso de ensamblaje consta de varias etapas clave:

- **Recepción y Verificación de Componentes:** Compumax recibe los componentes individuales de proveedores confiables y realiza una verificación exhaustiva para garantizar su calidad y especificaciones.
- **Preparación de Área de Ensamblaje:** Se asigna un espacio apropiado y se organizan las herramientas necesarias para el montaje.
- **Ensamblaje Propiamente Dicho:** Se lleva a cabo la unión meticulosa de los componentes siguiendo un proceso preciso basado en estándares de la industria.
- **Pruebas y Verificación:** Cada unidad ensamblada se somete a pruebas rigurosas de funcionalidad y rendimiento para asegurar su correcto funcionamiento.
- **Embalaje y Envío:** Una vez completadas las pruebas satisfactoriamente, se procede con el embalaje cuidadoso y el envío a los clientes.
- Es fundamental destacar que, aunque Compumax se enfoca en el ensamblaje, valora y respeta la calidad de los componentes individuales y su integración precisa para asegurar sistemas informáticos confiables y eficientes.

3.5 Límites del sistema

El estudio incluye:

- Materiales
- Proceso de ensamblaje
- Empaque
- Transporte aguas arriba y aguas abajo
- Uso del producto
- Disposición final del producto

Se excluye:

- Repuestos usados durante la vida útil de la unidad funcional
- Reúso de partes
- Producción de bienes de capital (fábricas, etc.)

La razón por la que se han realizado las exclusiones es que no se dispone de la información suficiente sobre la recuperación de materiales y reúso en la zona de estudio. Se ha estimado que el impacto al final de la vida útil del producto, así como la infraestructura, es menor, comparado con las etapas de obtención y producción de materias primas. Adicionalmente, se asume un criterio de corte en el cual quedan excluidas del estudio aquellas partes que representan menos de un 2% de la masa total del producto, tal como stickers y pequeños tornillos.

3.5.1 Cobertura temporal

Los datos tomados para el inventario corresponden a los del año 2022.

3.5.2 Cobertura tecnológica

Este estudio evalúa el impacto del producto desde la extracción de la materia prima hasta el final de la vida del producto basado en una combinación global de producción y tecnología. Los datos relativos a la producción primaria han sido recogidos a través de Compumax y sus colaboradores. Los datos asociados a equivalencias u otras estimaciones han sido recogidos de organismos oficiales o bases de datos certificadas por terceros.

3.5.3 Cobertura geográfica

El producto es ensamblado en Mosquera Cundinamarca municipio de Colombia y los materiales para su fabricación provienen en su mayoría de China. Por tanto, los datos para evaluar el impacto generado por el consumo de energía eléctrica por el ensamblado son de Colombia, la información de materias primas y otros procesos se relacionan con promedios mundiales establecidos por la base de datos Ecoinvent 3.8. Para el uso y la disposición final del producto se hace un análisis de la unidad funcional en Bogotá Colombia, por ello, los factores de emisión y distancias recorridas se relacionan a la locación evaluada.

3.6 Limitaciones y suposiciones

Las siguientes suposiciones fueron consideradas:

- En la planta, el 10% de producción corresponde al ensamblaje de la unidad funcional. Por ello, para estimar datos globales se toma siempre como referencia dicho valor respecto al total.
- El consumo de energía eléctrica en el proceso de ensamble corresponde a la relación entre la energía total consumida por la planta y la producción total de las unidades funcionales.
- Para el proceso de ensamblaje no se tienen en cuenta pérdidas por transmisión y distribución de la energía consumida.
- Para la producción de materias primas, incluido el empaque, se usaron datos globales de Ecoinvent 3.8
- Para la etapa de uso del producto se tiene en cuenta la vida útil promedio de la unidad funcional y sus respectivos consumos de energía eléctrica.

3.7 Escenarios de fin de vida

En el presente reporte se abordan 2 escenarios de termino de vida en los cuales se analiza un proceso de aprovechamiento de cada material al termino de vida, y en el otro se analiza que pasaría si las partes al final tienen una disposición inadecuada, siendo enviadas a disposición final.

3.8 Requisitos de calidad de datos

Los datos de uso de energía se tomaron de fuentes directas proporcionadas por Compumax. Mientras que los datos de componentes y transportes provienen de fuentes secundarias con un máximo de 10 años de antigüedad.

La calidad de los datos se evaluó con base en los siguientes criterios:

- **Precisión:** se refiere a las fuentes de datos, métodos de adquisición y métodos de verificación. Datos fiables son aquellos que se han verificado y medido directamente en terreno. El Criterio está relacionado con la cuantificación del flujo. Para los de uso directo de agua y energía la precisión es alta cuando provienen de medidores. Para el resto de los datos la calidad es alta cuando son datos cuantificados en el inventario de la empresa.
- **Integridad:** representa la exhaustividad de los datos recolectados. Los datos son completos cuando todos los elementos necesarios para realizar una actividad son cuantificados. Se considera que los datos son altamente íntegros cuando se incluyen todos los datos importantes en la categoría o tipo de dato.
- **Representatividad:** evalúa la correlación geográfica y tecnológica (reflejan los datos de la realidad). Los datos directos son altamente representativos por sí mismos, pues son tomados del mismo proceso. Los datos de uso indirecto se evalúan según la representatividad del set de datos usado para modelarlos. La representatividad tecnológica es alta cuando la tecnología del set de datos usado es la misma que la de la producción del insumo utilizado. La representatividad geográfica es alta cuando el set de datos proviene de la misma región de donde se produce el insumo modelado.
- **Consistencia:** evalúa si la metodología del estudio se aplica de la misma manera para todos los datos.
- **Reproducibilidad:** evalúa si la información acerca de los datos y el método utilizado permite producir los resultados del estudio.
- **Incertidumbre:** entrega una evaluación cualitativa de la incertidumbre de los datos.

La evaluación de calidad de datos varía entre Alto, Suficiente, Medio y Bajo. La Tabla 1 muestra los criterios para la calificación cualitativa de los datos del estudio y la Tabla 2 muestra la calificación de los datos para cada una de las etapas evaluadas en el estudio

Tabla 1. Criterios para calificación cualitativa de confiabilidad/precisión de datos

Alta	Los datos cumplen con el criterio requerido de confiabilidad/precisión para el caso bajo consideración. Esto significa que es un dato medido y proporcionado directamente por la empresa.
Suficiente	Datos verificados por suposiciones o mediciones no auditadas (documentos proporcionados por personal de empresa o literatura)

Media	Datos no auditados basados en suposiciones o estimaciones de un experto. Se considera que este tipo de datos puede usarse, pero su confiabilidad/precisión puede ser mejorada.
Baja	Datos estimados sin base sólida. Estos datos no cumplen con el criterio requerido de confiabilidad/precisión para el caso bajo consideración.

Tabla 2. Calidad de los datos

Etapas	Dato usado	Evaluación
Materias primas	Cantidad de partes usadas para ensamblar	Alta
Transporte aguas abajo	Distancias, masas transportadas y tipos de transporte	Suficiente
Ensamblaje del equipo	Energía consumida	Suficiente
Embalaje del producto	Empaques usados	Alta
Transporte aguas abajo	Distancias, masas transportadas y tipos de transporte	Suficiente
Uso del producto	Energía consumida en un escenario de 5 años de uso por 8 horas diarias	Alta
Disposición final	Masa de los componentes	Alta

4 INVENTARIO DE CICLO DE VIDA

4.1 Datos por etapas

Para realizar la evaluación de impactos y la interpretación de resultados del estudio se ha dividido el ciclo de vida del producto en 6 etapas: producción, transporte aguas arriba, transporte aguas abajo, empaque, uso y tratamiento y fin de vida.

4.1.1 Producción

Corresponde a la obtención de materias primas y producción del computador. Se tomaron datos del consumo de energía de la planta en donde se ensamblaba la unidad funcional, haciendo una relación entre la producción neta y el consumo de energía. Por otra parte, los datos de los componentes ensamblados, incluido el empaque, provienen de la base de datos de Ecoinvent 3.8. Se confirma que, aunque el reporte inicia en la fase de producción, el modelado del inventario de ciclo de vida (LCI) ha sido tomado de la base de datos Ecoinvent, la cual incluye la extracción y el procesamiento de materias primas.

4.1.2 Transporte aguas arriba

El transporte aguas arriba se refiere a todo el transporte de los materiales a ensamblar provenientes desde China hasta Colombia. Para el análisis de esta etapa se contemplan las distancias de la Tabla 3.

Tabla 3. Distancias transporte aguas arriba

TIPO DE TRANSPORTE	Recorrido	Chasis	Motherboard	Disco Duro	Memoria	Fuente de datos
TERRESTRE	Transporte de planta a puerto o aeropuerto km	108,00	628,00	18,00	21,00	Compumax
MARITIMO - AÉREO	Puerto a puerto o aeropuerto a aeropuerto km	17.333,05	17.333,05	2.431,00	16.874,00	
TERRESTRE	Puerto o aeropuerto a planta km	492,00	492,00	24,70	24,70	

4.1.3 Transporte aguas abajo

El transporte aguas abajo relaciona la distancia que recorre la unidad funcional desde el punto donde se ensambla. En la Tabla 4 se relacionan los recorridos planteados teniendo en cuenta que el producto se distribuye en la misma ciudad donde se ensambla y se realizará su disposición final.

Tabla 4. Distancias transporte aguas abajo

Detalle trayecto	Tipo de transporte	Distancia km	Fuente de datos de la distancia
Planta - sitio de distribución	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	390	Promedio de recorrido hacia ciudades principales
Sitio de distribución – usuario final	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	13	Promedio de recorrido de una ciudad grande
Usuario final – Disposición final	Transporte de carga, camión 16-32 toneladas métricas, EURO4	15	Promedio de recorrido de una ciudad grande

4.1.4 Empaque del producto

Para evaluar el empaque con el cual se distribuye la unidad funcional se estimaron los datos para el peso de una caja de cartón y plástico usado para empaquetar una computadora.

4.1.5 Uso del producto

Para evaluar el consumo de energía del producto durante su vida útil se tomó como referencia un lapso de 5 años. Según los datos suministrados por la certificación Energy Star se estimó un consumo anual calculado con la ecuación de la Fig. 3.

$$E_{TEC} = \frac{8760}{1000} \times (P_{OFF} \times T_{OFF} + P_{SLEEP} \times T_{SLEEP} + P_{LONG_IDLE} \times T_{LONG_IDLE} + P_{SHORT_IDLE} \times T_{SHORT_IDLE})$$

Where:

- P_{OFF} = Measured power consumption in Off Mode (W);
- P_{SLEEP} = Measured power consumption in Sleep Mode (W);
- P_{LONG_IDLE} = Measured power consumption in Long Idle Mode (W);
- P_{SHORT_IDLE} = Measured power consumption in Short Idle Mode (W); and
- T_{OFF} , T_{SLEEP} , T_{LONG_IDLE} , and T_{SHORT_IDLE} are mode weightings as specified in Table 4 (for Desktops, Integrated Desktops, and Thin Clients) or Table 5 (for Notebooks).

Fig. 3. Ecuación E_{TEC} ¹

La Tabla 5 muestra los datos utilizados y el resultado del consumo de energía eléctrica por los 5 años de vida de la unidad funcional para 4 escenarios (off, sleep, long_idle y short_idle) de estados del computador, según el porcentaje de tiempo de uso (25, 35, 10 y 30). Los datos de uso promedio son tomados de Enegy Star.

Tabla 5. Datos para calcular el consumo de energía eléctrica

Estado del computador	Time	Power (Watts)	ETEC (kWh/año)	Consumo en 5 años (kWh)
off	25%	0,5	1,095	5,475
sleep	35%	1,2	3,6792	18,396
long_idle	10%	16,4	14,3664	71,832
short_idle	30%	17,2	45,2016	226,008
Total			64,3422	321,711

4.1.6 Fin de vida del producto

Se toma como referencia el dato de la masa del computador para analizar el impacto que genera como residuo electrónico.

4.2 Entradas y salidas

Las entradas y salidas del sistema de producto correspondientes a las etapas de producción y disposición final se muestran en la Tabla 6 y 7, respectivamente.

Tabla 6. Entradas al sistema

Flujo	Cantidad	Unidad	Fuente de información
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer	0,032	kg	Ecoinvent 3.8
aluminium, cast alloy	0,009	kg	
aluminium, wrought alloy	0,386	kg	

¹<https://www.energystar.gov/sites/default/files/ENERGY%20STAR%20Computers%20Final%20Version%207.0%20Specification.pdf>

Flujo	Cantidad	Unidad	Fuente de información
battery, Li-ion, rechargeable, prismatic	0,003	kg	
cable, connector for computer, without plugs	2,500	m	
cable, network cable, category 5, without plugs	3,000	m	
cable, ribbon cable, 20-pin, with plugs	0,051	kg	
copper, cathode	0,062	kg	
corrugated board box	0,020	kg	
corrugated board box	1,718	kg	
corrugated board box	0,452	kg	
disk drive, CD/DVD, ROM, for desktop computer	1,000	Item(s)	
electricity, medium voltage	2,721	kWh	
hard disk drive, for desktop computer	1,000	Item(s)	
hot rolling, steel	0,032	kg	
integrated circuit, memory type	0,015	kg	
photovoltaic cell factory	0,000	Item(s)	
plug, inlet and outlet, for computer cable	1,000	Item(s)	
plug, inlet and outlet, for network cable	1,000	Item(s)	
polyethylene, high density, granulate	0,025	kg	
polymer foaming	0,160	kg	
polypropylene, granulate	0,205	kg	
powder coat, steel	0,398	m2	
power supply unit, for desktop computer	1,000	Item(s)	
printed wiring board, for surface mounting, Pb containing surface	0,004	m2	
printed wiring board, for surface mounting, Pb free surface	0,004	m2	
printed wiring board, mounted mainboard, desktop computer, Pb containing	0,151	kg	
printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb containing	0,061	kg	
printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free	0,142	kg	
section bar extrusion, aluminium	0,395	kg	
sheet rolling, steel	6,212	kg	
steel, chromium steel 18/8, hot rolled	0,032	kg	
steel, low-alloyed, hot rolled	6,212	kg	
stretch blow moulding	0,101	kg	
tap water	1.620,000	kg	
wire drawing, copper	0,062	kg	

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

Tabla 7. Salidas del sistema

Flujo	Cantidad	Unidad	Fuente de información
Desktop Draco Series	1	Item(s)	Ecoinvent 3.8

used desktop computer	11,300	kg
waste polypropylene	0,000	kg
waste polypropylene	0,124	kg
waste polypropylene	0,000	kg
waste polypropylene	0,000	kg
waste polypropylene	0,001	kg
waste polypropylene	0,018	kg
waste polypropylene	0,015	kg
waste polypropylene	0,000	kg
wastewater, unpolluted	1,607	m3
wastewater, unpolluted	0,013	m3
Water	0,099	m3

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

Para el transporte se tiene en cuenta únicamente como entrada el transporte de la masa de la unidad funcional desde china hasta la planta ubicada en Mosquera Cundinamarca (Colombia). Para la etapa de uso considera la energía que consume el equipo durante 5 años.

El resumen de entradas y salidas del sistema en general se resume en la Tabla 8 (entradas) y Tabla 9 (salidas)

Tabla 8. Entradas al sistema general

Flujo	Propiedad	Unidad
Partes sin ensamblar	Number of items	Item(s)
Consumo de energía	Duration	d
Transporte Terrestre	Goods transport (mass*distance)	t*km
Transporte aéreo	Goods transport (mass*distance)	t*km
Transporte marítimo	Goods transport (mass*distance)	t*km

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

Tabla 9. Salidas del sistema general

Flujo	Propiedad	Unidad	Cantidad
Desktop Draco Series	Number of items	Item(s)	1
Waste, solid	Mass	kg	0.00246

Fuente: Ecoinvent 3.8 – Open LCA

5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO

5.1 Metodología y categoría de impacto ambiental

Se utilizó la metodología de IPCC 2021 con los potenciales de calentamiento publicados en el documento AR6 apoyado por la base de datos Ecoinvent 3.8 y ejecutado mediante el software OpenLCA. Además, para comprender el consumo de energía en megajulios (MJ), se empleó el método de CML como parte de esta evaluación integral de impactos ambientales para dar cumplimiento a el criterio 4.8.1.1 de la IEEE 1680.1-2018.

Tabla 10. Potenciales de calentamiento global

Tipo de gas	PCG	Fuente bibliográfica
CO ₂	1	IPCC Sixth Assessment Report, 2022 (AR6)
CH ₄ fósil	27	
CH ₄ No fósil	29,8	
N ₂ O	273	

5.2 Factores de caracterización

Todos los factores de caracterización se encuentran en el anexo I del presente documento.

5.3 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, en función al calentamiento global y el consumo de energía.

5.3.1 Calentamiento global

La huella de carbono de la unidad funcional es de 259,09 kgCO₂e. La etapa de producción del computador es la que más aporta a la carga ambiental, con un total de 85,4% del total, seguido de la etapa de uso, con un 13,8%. Fig. 4. La Tabla 11 muestra los resultados para cada etapa y el total de la huella de carbono.

Tabla 11. Calentamiento global

Impacto ambiental	Etapas	Resultado (kgCO ₂ e)	Resultado total (kgCO ₂ e)
Calentamiento global	Producción computador	218,27	259,09
	Transporte aguas arriba	1,10	
	Transporte aguas abajo	0,10	
	Empaque	0,95	
	Uso del computador	38,65	
	Fin de vida del computador	0,01	

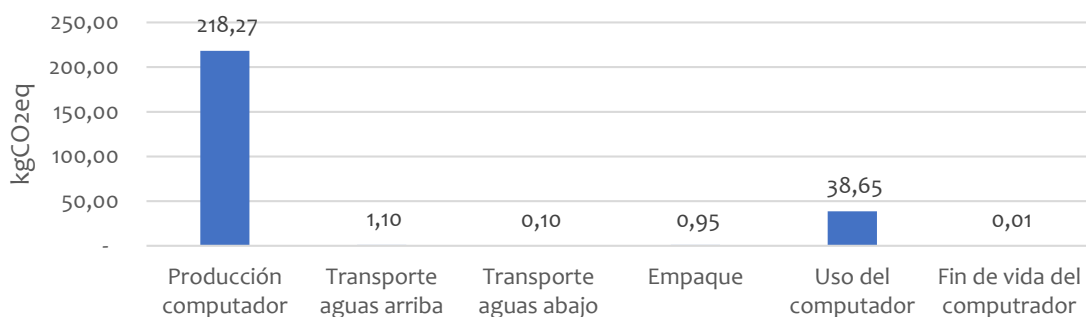


Fig. 4. Huella de carbono del producto por etapas

5.3.2 Consumo de energía

El consumo de energía del ciclo de vida del producto es de 6.764,05 MJ de los cuales un 63,90% se asocian con el uso del computador, seguido de la producción con un 35,50% y el embalaje con un 0,3%. Fig. 5. Los consumos de energía por etapas se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Consumo de energía

Impacto ambiental	Etapas	Resultado (MJ)	Resultado total (MJ)
Energía	Producción computador	2.401,91	6.764,05
	Transporte aguas arriba	15,21	
	Transporte aguas abajo	1,44	
	Empaque	19,95	
	Uso del computador	4.324,67	
	Fin de vida del computador	0,87	

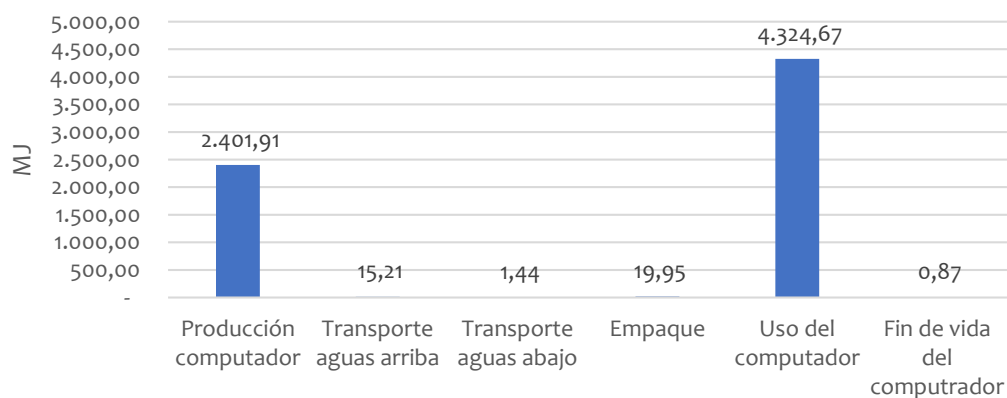


Fig. 5. Consumo de energía

6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se llevó a cabo una comparación analítica considerando 2 procesos de disposición final, en uno se evaluaba que el equipo tenía un aprovechamiento y en otro que tenía una disposición final a relleno sanitario. Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en la tabla 13 y la Fig. 6.

Tabla 13. Resultados análisis de sensibilidad

Etapa	Enviado a disposición final		Aprovechamiento al final de la vida útil		Variación
Producción computador	218,27		218,27		0,00%
Transporte aguas arriba	1,10		1,10		0,00%
Transporte aguas abajo	0,10		0,10		0,00%
Empaque	0,95		0,95		0,00%
Uso del computador	38,65		38,65		0,00%
Fin de vida del computador	0,01		0,08		-81,86%
Total	259,09		259,15		-0,03%

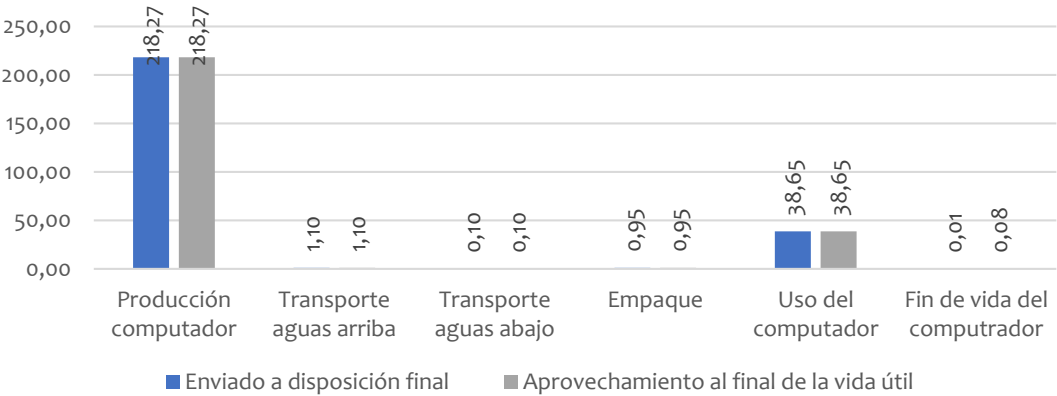


Fig. 6. Análisis de sensibilidad.

Los resultados del análisis de sensibilidad muestran que las emisiones de CO₂ del aprovechamiento del equipo al final de su vida útil son ligeramente superiores a las de la disposición final del equipo a relleno sanitario. En particular, las emisiones de CO₂ del aprovechamiento son un 0,03% superiores a las de la disposición final.

Esta variación se debe a que el proceso de aprovechamiento requiere la utilización de recursos y energía, lo que genera emisiones de CO₂. En particular, el transporte del equipo al centro de reciclaje, el procesamiento del equipo en el centro de reciclaje y el transporte de los materiales reciclados a las plantas de fabricación generan emisiones de CO₂.

Sin embargo, esta variación no es tan alta como para compensar el beneficio ambiental del aprovechamiento del equipo. En particular, el aprovechamiento del equipo permite evitar la disposición de residuos electrónicos en rellenos sanitarios, lo que genera emisiones de metano,

un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global 29,2 veces superior al del CO₂.

Por lo tanto, el aprovechamiento del equipo al final de su vida útil sigue siendo una medida efectiva para reducir el impacto ambiental del ciclo de vida del producto.

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La etapa de producción del Desktop Draco Series es la que mayor huella de carbono genera a lo largo del ciclo de vida del producto, con un 85,4% comparado con el resto de las etapas del ciclo de vida.

Las medidas de mejora ambiental, entre ellas la eficiencia energética, deberían de ser implementadas desde el diseño del producto para lograr reducir los impactos ambientales en la etapa de producción, principalmente. Por su parte, establecer medidas de mejora para la reducción del consumo de energía directo ayudará a reducir la huella de carbono de la fábrica donde se ensamblan los componentes.

Por último, se recomienda al fabricante aplicar el ecodiseño para evaluar los impactos ambientales potenciales de los componentes que se ensamblan en la fábrica para evaluar alternativas de materiales que generen una menor huella de carbono. Así mismo, se recomienda conocer con mayor exactitud el origen de los materiales, el tipo de material y su tratamiento y disposición final con el fin de lograr obtener información más precisa para futuros estudios.

8 BIBLIOGRAFÍA

ISO 14040:2006 Environmental management. Life Cycle Analysis. Principles and reference framework

ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneva: International Organization for Standardization.

UNE-EN ISO 14064-1:2019 Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance, at the organization level, for the quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.

UNE-EN ISO 14067:2019 Greenhouse gases. Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification

UNE-EN 16258:2013 Methodology for the calculation and declaration of energy consumption and greenhouse gas emissions in transport services (freight and passenger transport)

IEEE 1680.1 (2018) IEEE Standard for Environmental and Social Responsibility Assessment of Computers and Displays

Energy Star, E. (n.d.). ENERGY STAR ® Program Requirements for Computers Partner Commitments. Retrieved November 12, 2022, from www.energystar.gov/partners

ANEXO I FACTORES DE CARACTERIZACIÓN

Transporte marítimo

Impact category	Reference unit	Result (kgVAR/km*ton)
Global warming	kg CO ₂ eq	0,009350
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	0,119690

Transporte terrestre

Impact category	Reference unit	Result (kgVAR/km*ton)
Global warming	kg CO ₂ eq	0,17037
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	2,52387

Transporte aéreo

Impact category	Reference unit	Result (kgVAR/km*ton)
Global warming	kg CO ₂ eq	0,75813
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	10,63541

Producción computador

Impact category	Reference unit	Result
Global warming	kg CO ₂ eq	218,27414
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	2401,90813

Uso de producto

Impact category	Reference unit	Result
Global warming	kg CO ₂ eq	0,02805395
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	0,29621000

Cartón

Impact category	Reference unit	Result 1 kg
Global warming	kg CO ₂ eq	0,98855
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	10,91946

Polietileno

Impact category	Reference unit	Result 1 kg
Global warming	kg CO ₂ eq	2,27724
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	72,45303

Poliestireno

Impact category	Reference unit	Result
Global warming	kg CO ₂ eq	3,60502
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	78,04045

Fin de vida

Impact category	Reference unit	Result
Global warming	kg CO ₂ eq	0,04898
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	0,53361

Energía de Colombia²

Impact category	Reference unit	Result
Global warming	kg CO ₂ eq/kWh	0,112

Residuos no aprovechados³

Impact category	Reference unit	Result
Global warming	kg CO ₂ eq/kg	8,883

² https://www1.upme.gov.co/Normatividad/762_2023.pdf

³ <https://www.gov-uk.translate.goog/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es-419& x tr pto=sc>