

Taller 4: Modelado de Indicadores Ambientales - Huella de Carbono y Huella Hídrica de un Producto

Curso Métodos y Modelos

Docente: Karen Ballesteros-González

Objetivo del taller

Este taller tiene como propósito que los estudiantes apliquen herramientas de análisis cuantitativo y modelación para evaluar el impacto ambiental de un producto real, mediante el cálculo de su huella de carbono y huella hídrica desde la cuna hasta la puerta. A partir del estudio de un caso concreto en una empresa pequeña o local, los estudiantes deberán construir un modelo que relacione insumos, consumos y decisiones tecnológicas con los impactos ambientales generados, simular diferentes escenarios (como mejoras tecnológicas, crecimiento productivo o restricciones regulatorias), y evaluar sus resultados a través de análisis de sensibilidad, incertidumbre y criterios múltiples. El taller promueve un enfoque integrador entre sostenibilidad, datos reales y modelación matemática para apoyar la toma de decisiones ambientales informadas:

- Estimar la **huella de carbono** y la **huella hídrica** de un producto real, con enfoque **de la cuna a la puerta**.
- Construir un **modelo matemático o computacional** que relacione insumos y decisiones tecnológicas con impactos ambientales.
- Simular y comparar **escenarios de mejora, crecimiento o eficiencia**.
- Evaluar **incertidumbre, sensibilidad y criterios múltiples** para la toma de decisiones sostenibles.

1. Actividades del taller

1.1. Selección del caso de estudio

Eliján un producto real de una empresa local, microempresa o emprendimiento. Recolecten información básica:

- Materias primas y origen
- Procesos productivos y tecnologías utilizadas

- Consumos de energía, agua y transporte
- Producción mensual/anual

1.2. Cálculo de huellas ambientales

Estimar las huellas por unidad funcional (por ejemplo, por kg de producto).

Huella de Carbono:

- Identificar fuentes emisoras: energía, transporte, insumos.
- Usar factores de emisión del GHG Protocol, IPCC, DEFRA o IDEAM.

Huella Hídrica:

- Calcular huella azul, verde y gris.
- Para huella gris, usar:

$$\text{Huella gris (m}^3\text{)} = \frac{\text{Carga del contaminante (kg)}}{C_{\text{máx}} - C_{\text{natural}}}$$

- Aplicar límites de la Resolución 0631 de 2015.

1.3. Construcción del modelo

Formular un modelo matemático que relacione variables clave del sistema:

- Modelos algebraicos (relaciones lineales o no lineales)
- Modelos dinámicos (variación en el tiempo)
- Simulación Monte Carlo (incertidumbre)
- Modelos de optimización (mínima huella bajo restricciones)

Ejemplo:

$$\text{Huella}_{\text{carbono}} = a \cdot E + b \cdot T + c$$

Donde E : consumo energético, T : distancia de transporte, y a , b , c son coeficientes asociados.

1.4. Simulación de escenarios

Diseñar y evaluar al menos 3 escenarios posibles:

- Mejora tecnológica
- Expansión de producción
- Cambio en logística o procesos

Para cada escenario:

- Calcular las nuevas huellas
- Comparar con el caso base
- Visualizar resultados (tablas o gráficas)

1.5. Evaluaciones avanzadas

Análisis de sensibilidad: Identificar las variables más influyentes.

Simulación con incertidumbre: Variar factores y evaluar su impacto (Monte Carlo).

Análisis multi-criterio: Evaluar cada escenario con criterios múltiples, por ejemplo:

- Huella ambiental
- Costo
- Viabilidad técnica
- Tiempo de implementación

Instrucciones de entrega:

- El informe debe incluir: i) Descripción del producto y empresa; ii) Inventario de insumos y procesos (Diagrama de flujo básico); iii) Cálculo detallado de huellas; iv) Formulación y codificación del modelo; v) Simulación, análisis de escenarios y evaluación; vi) Conclusiones y recomendaciones.
- La entrega del taller debe realizarse en un documento en formato PDF, con redacción clara, organizada, concisa y estructurada por secciones.
- Todas las respuestas deben incluir la explicación detallada del razonamiento, no solo el resultado final.
- Se espera que los estudiantes analicen, interpreten y argumenten sus respuestas, especialmente en la formulación de modelos y justificación de decisiones.
- El uso de gráficas, ecuaciones, esquemas y tablas es obligatorio cuando estos elementos apoyen o clarifiquen el análisis.
- Los códigos en Python pueden utilizarse como soporte técnico para resolver los modelos, pero no reemplazan la explicación matemática ni conceptual. Es decir: el desarrollo en Python debe servir como base de análisis, no como único medio de respuesta.
- La entrega final debe realizarse de acuerdo con los grupos previamente definidos y ser subida a la plataforma **AVATA**.

Herramientas sugeridas: Excel o Python (pandas, numpy, matplotlib).