

# **Aplicación de una macro para la evaluación del impacto de la logística inversa en la economía circular en la Caja de Compensación Familiar del Cauca-COMFACAUCA**

Wbeimar Suárez López

Faculta de ingeniería, Corporación Universitaria ComfacaUCA - UNICOMFACAUCA,  
Colombia

## **Abstract**

This study evaluated the impact of the implementation of reverse logistics on the circular economy within COMFACAUCA. Through a combination of qualitative and quantitative methods, and the use of a macro specifically designed for this purpose, the processes, flows and areas of improvement of reverse logistics were analyzed. The results indicate that reverse logistics not only improves operational efficiency and reduces costs, but also contributes significantly to the environmental and economic sustainability of the organization. This study provides a solid foundation for future research and the adoption of sustainable practices in other institutions.

Keywords: reverse logistics, circular economy, costs, environmental, operational efficiency.

## **Introducción**

La Caja de Compensación Familiar del Cauca (COMFACAUCA) es una institución clave en la región del Cauca, Colombia, que desempeña un papel fundamental en la provisión de servicios de bienestar social, educación, y salud a sus afiliados.

Fundada con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los trabajadores y sus familias, COMFACAUCA se ha consolidado como una entidad de gran influencia y alcance en el sector social y empresarial en la región.

En el contexto actual, donde la sostenibilidad y la economía circular han ganado importancia a nivel global, COMFACAUCA se encuentra en una posición estratégica para liderar iniciativas que promuevan prácticas empresariales responsables y sostenibles. La implementación de la logística inversa es una de las estrategias más prometedoras para avanzar hacia una economía circular, ya que permite la reutilización, reciclaje y reducción de desechos, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y económica.

La logística inversa es una etapa de la cadena de suministro y es considerada como el conjunto de políticas y medidas medioambientales sostenibles. Además, se ha convertido en un componente importante donde están apuntando las empresas a fin de reducir el impacto negativo de sus operaciones o actividades logísticas. Para 2023, el mercado online

experimentó un aumento y consigo los indicadores de devolución. La economía circular y la logística inversa emergen para abordar desafíos ambientales y económicos, pilares fundamentales que promueven la reducción de residuos, el aprovechamiento de recursos y la optimización de la cadena de valor para contribuir a la sostenibilidad y la eficiencia empresarial.

El presente estudio se centra en evaluar el impacto de la logística inversa de la economía circular dentro de COMFACAUCA. Esta evaluación no solo proporcionará insights valiosos para la organización misma, sino que también servirá como un modelo para otras instituciones y empresas en la región que buscan adoptar prácticas más sostenibles.

Para ello, se ha considerado plantearse la siguiente interrogante. ¿Cómo puede la logística inversa contribuir a la sostenibilidad de la cadena de suministro y a la economía circular?

El proceso logístico planifica, implementa y controla el flujo eficiente y el almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el propósito de recapturar valor o disponer adecuadamente los productos. En el contexto de COMFACAUCA esto abarca la gestión de residuos generados por sus actividades, la reutilización de materiales y equipos, y la implementación de prácticas de reciclaje.

## **Objetivo general**

Evaluar como la implementación de la logística inversa puede potenciar la economía circular en COMFACAUCA, maximizando la eficiencia en el uso de recursos y minimizando el impacto ambiental.

## **Objetivos específicos**

1. Analizar el funcionamiento actual de la logística inversa en la Caja de Compensación Familiar del Cauca (COMFACAUCA), identificando sus procesos, flujos y áreas de mejora.
2. Diseñar una macro para la evaluación del impacto de la logística inversa en la economía circular, considerando indicadores relevantes para medir eficacia, eficiencia y sostenibilidad.
3. Implementar la macro diseñada en la evaluación de la logística inversa en la Caja de Compensación Familiar del Cauca (COMFACAUCA), recopilando datos reales y aplicando herramientas de análisis adecuadas.
4. Proponer recomendaciones y estrategias de mejora basadas en los hallazgos obtenidos, con el objetivo de optimizar la implementación de la logística inversa y fortalecer la economía circular en COMFACAUCA.

## **Revisión de literatura**

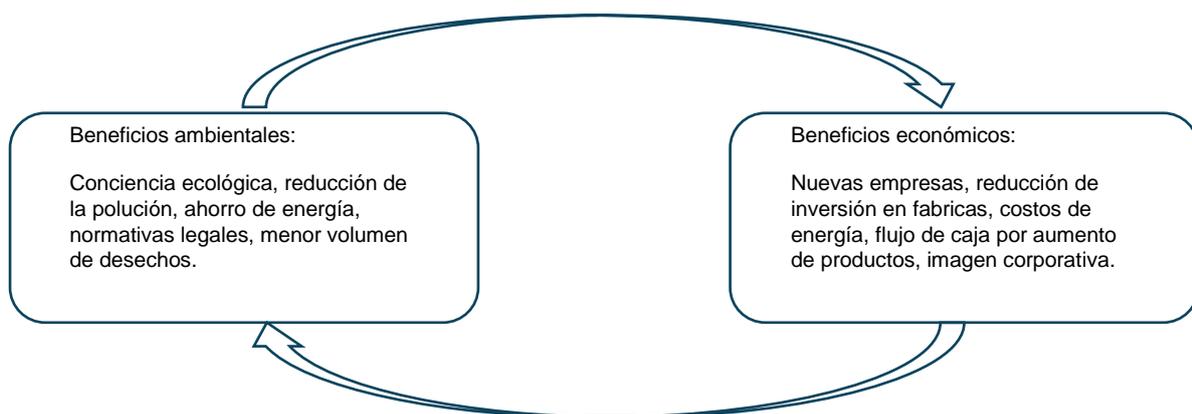
La economía circular es un modelo de producción y consumo sostenible que, a diferencia de la economía lineal, esta busca crear valor dando la oportunidad de extender el ciclo de

vida de los productos. Walter Stahel (2010) en su trabajo sobre la economía de bucles es fundamental para entender cómo la logística inversa puede contribuir a la creación de un sistema económico más sostenible y eficiente. Stahel argumenta que la reutilización y el reciclaje son esenciales para minimizar el uso de recursos y reducir los desechos.

Por otra parte, Leite (2003) resalta los beneficios económicos y ambientales de la logística inversa, lo cual puede ser utilizado para justificar la implementación de estas prácticas en COMFACAUCA. Leite muestra cómo estas prácticas pueden llevar una reducción significativa en los costos y un mejor manejo de residuos.

Comparar las posiciones de Stahel y Leite nos permite analizar cómo los resultados de COMFACAUCA se alinean o difieren de las teorías y hallazgos de los autores sobre los beneficios de la economía circular y la logística.

Es indispensable la ejecución de la logística inversa en el funcionamiento de la economía circular, la cual interviene en las actividades que dan movimiento a la cadena de valor siendo necesarias para coordinar el flujo de materias primas e insumos en ambas direcciones. Los beneficios que esto conlleva pueden ser bidireccionales y solo se darán cuenta de ello cuando sean medibles uno del otro.



**Ilustración 1: Beneficios ambientales y económicos de la logística inversa. Fuente: Leite (2003).**

En un estudio reciente de Malpica Zapata et al. (2022) se efectuó un análisis de la producción desde el concepto de la logística inversa y su valor para el desarrollo empresarial. El análisis se realizó utilizando herramientas como Bibliometrix y VosViewer para un total de 1628 documentos relacionados con logística inversa desde 1990 hasta 2020. Estos documentos arrojaron unos resultados que permitían analizar el volumen de producción por país, las fuentes relevantes, autores que generaron mayor impacto y la coocurrencia de palabras clave. Este enfoque puede ser adaptado para evaluar la producción de desechos y su manejo en COMFACAUCA.

Por otra parte, Aguirre González et al. (2024) Analizó la logística inversa en la cadena de suministro del sector textil, enfatizando la importancia de la dirección empresarial, principal impulsor para la realización de prácticas de logística inversa aun estando por fuera de las regulaciones legales; que la logística inversa forja nuevas oportunidades de negocio y ventaja competitiva y que la gestión empresarial proactiva y responsable son esenciales para un modelo de economía circular.

Ruiz Sánchez et al. (2020) presenta un análisis de logística inversa como estrategia de diferenciación la cual le permite a empresas exportadoras competir en mercados dinámicos. Relaciona que el proceso logístico inverso se debe enfocar en cómo las empresas llegasen a mejorar la credibilidad y competitividad al reducir costos y minimizar la huella ambiental, favorece la economía circular al ser posible la reutilización y reciclaje de productos reduciendo la materia prima y el uso de energía para producirla. Argumenta que la aplicación de prácticas de logística verde genera confianza y seguridad en los consumidores y la adopción de dichas prácticas responde a exigencias y regulaciones de sostenibilidad adoptadas que se alinean con los objetivos de desarrollo sostenible.

En resumen, la literatura reciente sobre la logística inversa destaca su importancia creciente en el mundo empresarial y su potencial para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de las operaciones de las empresas. Sin embargo, también se reconoce que todavía hay mucho por aprender sobre cómo implementar y optimizar las prácticas de logística inversa en diferentes contextos empresariales.

### Métodos y procedimientos

En este estudio, utilizaremos una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar el impacto de la logística inversa en la economía circular. La combinación de estos métodos es una herramienta útil para evaluar y mejorar los procesos, permitiendo identificar áreas que requieren mejoras y dar paso a la formulación y modelado, lo que podría ser tema de otra investigación en busca de optimizar la eficiencia y eficacia. La recopilación de datos generada por la macro será de utilidad para la revisión y análisis permitiendo el cálculo del impacto real en la organización.

Tabla 1: Contraposición de métodos cualitativos y cuantitativos

Métodos cualitativos		Métodos cuantitativos	
Conocimiento interno	Proceso actual Desafíos Mejoras Percepciones futuras	Históricos (si los hay)	Devoluciones Tiempos de procesamiento Costos asociados.
Puntos focales	Departamentos Grupos de valor	Apreciaciones órdenes de compra	Proveedores Clientes
Análisis documental	Políticas Informes de gestión	Análisis de costo direccionada a:	Reducción de residuos Ahorro de recursos Reputación corporativa

Para encaminar la investigación se han descrito 3 fases específicas que serán la guía en la construcción del proyecto además de brindar un panorama general del funcionamiento actual del proceso a investigar.

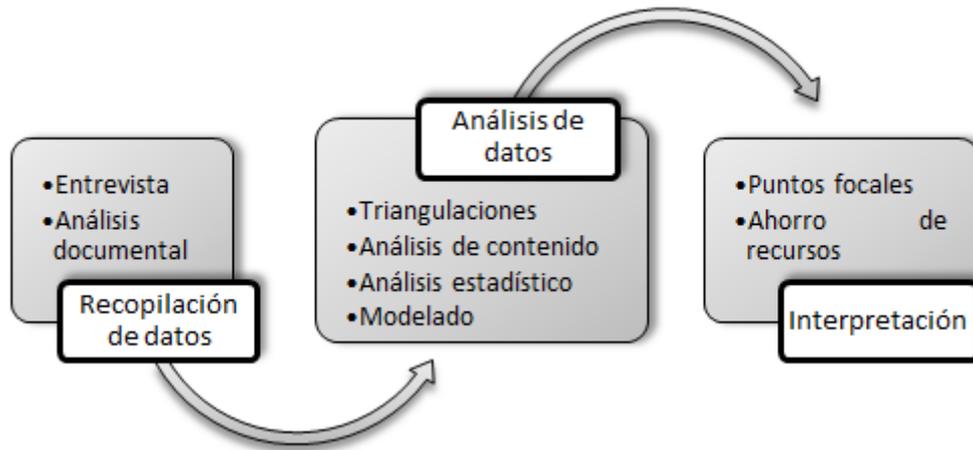


Ilustración 2: fases para el diagnóstico de la empresa

### Marco teórico

Antes de concentrarse en el desarrollo de la macro se debe definir conceptos clave como:

- Logística inversa: comprende el proceso de planificación, ejecución y control de productos, información y materiales partiendo del consumidor hasta el productor, con el objetivo de asegurar una disposición final de los mismos.

Tabla 2: Principios de la logística inversa vistos desde diferentes escuelas de pensamiento:

Escuela de pensamiento	Principios
Roger & Tibben- Lembke 1998	Planificar y controlar eficientemente el flujo de materias primas.
Carte & Ellram 1998	Medio con el cual las empresas buscan ser más eficientes medioambientalmente.
Domingo Nieto 2020	Maximizar el aprovechamiento de materiales.

Para Nieto (2020), la logística inversa abarca el conjunto de actividades de recogida, desmontaje y desmembramiento de productos ya usados o sus componentes, con el objetivo de recuperar materiales y darles un nuevo uso. El principal factor económico que impulsa a las empresas a aplicar modelos de logística inversa surge por las devoluciones que realizan los clientes ya sea por alguna razón en específico. Para nuestro caso de estudio tenemos que los productos pueden estar dañados, desfasados o haber cumplido su vida útil siendo consecuencia para las empresas considerar el estado del producto, costes implicados, viabilidad en la reparación, reventa y su correcta destrucción o disposición la cual busca reducir el impacto al medio ambiente.

Tabla 3: Cara a cara entre la logística convencional vs la logística inversa

<b>Logística convencional</b>	<b>Logística inversa</b>
Estimación de la demanda	Demanda compleja y poco intuitiva
El transporte va desde la empresa al consumidor	El transporte va desde el consumidor hasta la empresa
Nivel de calidad predeterminado	Calidad del producto variable
Precio predefinido	Depende de varios factores
Valor a los <i>Lead Time</i>	No tiene relevancia los <i>Lead Time</i>

Fuente:

- Economía circular: busca reducir el consumo de recursos y la generación de residuos aplicando un modelo multi-R (reutilizar, reciclar y reparar) los principales intentando desvincular el desarrollo económico del consumo intensivo y degradación del medio ambiente desarrollado desde el punto de vista “*cradle to cradle*”.

La economía circular representa un cambio de paradigma respecto al modelo económico lineal tradicional. En lugar de la secuencia “extraer, producir, desechar”, la economía circular se basa en principios de diseño sostenible, mantenibilidad, y regeneración de sistemas naturales. COMFACAUCA, al adoptar estos principios a través de la logística inversa, puede no solo reducir costos operativos y mejorar su eficiencia, sino también posicionarse como un líder en sostenibilidad en la región del Cauca.

Tabla 4: Principios de la economía circular desde diferentes escuelas de pensamiento:

<b>Escuela de pensamiento</b>	<b>Principios</b>
Fundación Ellen MacArthur 2017	Cero residuos y contaminación desde el diseño. Mantener el material en uso. Asistir la recuperación de sistemas naturales.
E. Cerdá A. Khalilova 2016	Equilibrar los recursos naturales. Optimizar el rendimiento de recursos. Eliminar externalidades negativas.
C. Hermida Balboa M. Domínguez Somonte 2014	Transición de energía. Interrelación. Modelo de propiedad renovado.

Para Jiménez (2019), la circularidad absoluta no existe, esto se debe a que la degradación ambiental no supone una solución definitiva, por lo que en cada ciclo de la cadena de valor se pierde calidad y cantidad del recurso y la recuperación total es imposible teniendo que recurrir inevitablemente a los recursos naturales sin explotar.

De acuerdo con el (COMPES, 2016), Colombia genera 12 millones de toneladas de basura al año y el porcentaje de plástico comprende el 10.78% como se puede observar en la gráfica a continuación:

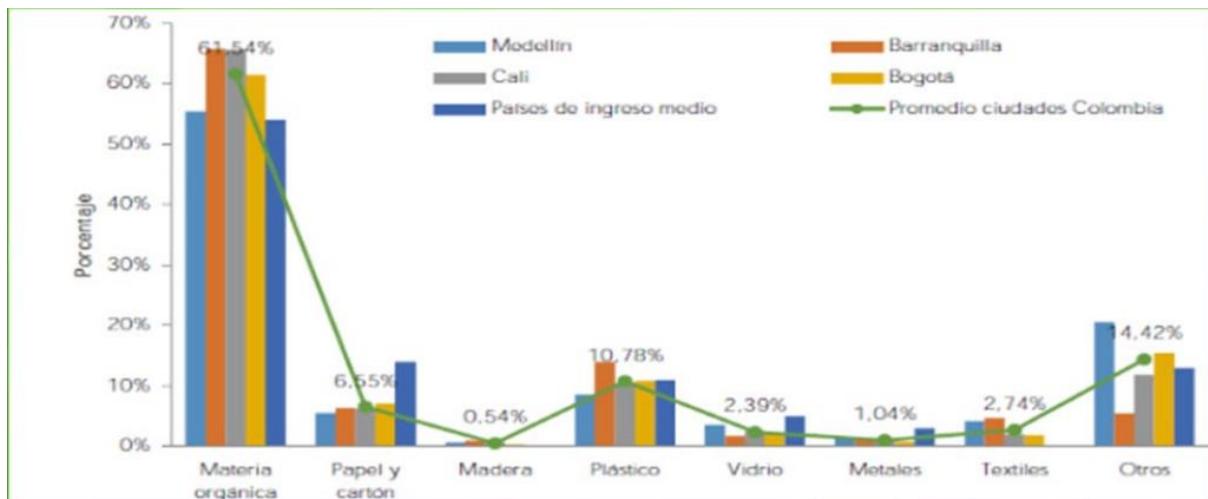


Gráfico 1: Caracterización de residuos

El camino hacia la economía circular comprende la adopción de estrategias implementadas por países desarrollados para dar transición de una economía lineal hacia la circular, la cual requiere de acompañamiento, apoyo y coordinación entre organizaciones que buscan un objetivo común, reducir el impacto ambiental.

Recordemos que los aspectos relacionados son válidos para afrontar procesos de eficiencia en la gestión de residuos, son residuos que ocupan grandes volúmenes y su mala disposición podría reducir la capacidad de los rellenos, minimizando la cantidad de desechos que llegan a los vertederos. Por otra parte, la economía circular busca maximizar el valor de los recursos durante su vida útil reduciendo la huella ambiental al disminuir la extracción de recursos naturales; evaluar su impacto conlleva a diseñar indicadores ambientales relevantes y generar valor con nuevas oportunidades comerciales.

- **Macros:** las macros pueden ser herramientas poderosas en la mejora de procesos logísticos, ya que permiten automatizar tareas repetitivas y analizar datos de manera eficiente. A continuación, se describen algunos ejemplos de macros que han sido utilizadas en contextos logísticos para mejorar la eficiencia y precisión:

- Planificación de rutas

Para un contexto de optimización de rutas de entrega para una flota de vehículos, su funcionalidad radica en importar datos del cliente (direcciones, horarios de entrega, entre otras), calcular la ruta óptima para cada vehículo, ilustrar mapas y horarios para cada conductor. Ver anexo.

- Control de inventario

En un contexto de monitores y control de niveles de inventario en tiempo real. Su principal funcionalidad, actualizar los niveles de inventario al recibir y despachar, generar alertas en niveles críticos y generación de informes con periodicidades deseadas.

- Seguimiento de pedidos

Conocer la trazabilidad de los pedidos. Esto incluye:

- Registrar nuevos pedidos.
- Actualizar el estado de los pedidos en sus etapas.
- Informar el estado y tiempos de entrega.
- Generación de informes de logística

Verificación automática del rendimiento y análisis de datos logísticos, considerando los siguientes apartados.

- Recopilar información de múltiples archivos.
- Analizar estadística y uso de gráficas.
- Generar informes para ser divulgados por correo.

Estos pueden ser considerados ejemplos básicos que se adecuan a las necesidades específicas de los procesos logísticos corporativos. Las operaciones pueden ser grabadas y reproducidas en un solo comando o instrucción.

Dado lo anterior, se sugiere considerar la macro denominada 'Registro' la cual permitirá almacenar cada proceso requerido en logística inversa. A continuación, se describe la herramienta (macro) que alimentará la base de datos que dará una visión clara de la situación o comportamiento del proceso; además de identificar su respectiva instrucción o función dentro de sí misma.

A nivel general el código realiza las siguientes tareas:

- ✓ Validar la información de la hoja "Base de Datos" encontrando la próxima fila vacía.
- ✓ Copia datos desde la hoja de "ingreso" y los pega en "Base Datos".
- ✓ Borra los datos ingresados en la hoja "Ingreso".
- ✓ Muestra un mensaje de confirmación al usuario (ver anexo).

## Recopilación de datos

Para comenzar se hace necesario diseñar un formato para la recolección de la información dado que para la compañía se convierte en un proceso nuevo.

CONTROL DE RESIDUOS EN PUNTO DE ALMACENAMIENTO				
DATOS GENERALES				
FECHA:		VEHICULO:		TIPO DE RESIDUO:
HORA DE INGRESO:		CONDUCTOR:		CANTIDAD (PESO/VOLUMEN):
HORA DE SALIDA:		ORIGEN DE RESIDUOS:		UNIDAD DE MEDIDA:
OBSERVACIONES:				
CLASIFICACIÓN DEL RESIDUO				
RESIDUO INORGANICO RECICLABLE		RESIDUO PELIGROSO		
PLÁSTICO:		PRODUCTO QUÍMICO:		
CANTIDAD (PESO/VOLUMEN)		CANTIDAD (PESO/VOLUMEN)		
INFORMACIÓN ADICIONAL		SI	NO	PARCIAL
¿SE REALIZÓ PRECLASIFICACIÓN EN EL ORIGEN?:				
¿EL RESIDUO PRESENTA ALGUN TIPO DE RIESGO?:				
¿SE CUMPLE CON LA NORMATIVA DE TRASNPORTE DE RESIDUOS?:				
¿SE PRESENTA LA DOCUMENTACION REQUERIDA?:				
FIRMA Y ACEPTACIÓN				
FIRMA DEL TRANSPORTISTA:				
FIRMA RESPONSABLE:				

### Ilustración 3. Planilla de control

Tras almacenar los datos recopilados, se separan los residuos en sus categorías: aquellos fácilmente aprovechables de quienes requieren procesos complejos o incineración (responsabilidad del proveedor). A continuación, se describen categorías y características que permiten recopilar la data:

Recolección Inicial Diciembre 2022															
Punto de recolección	Fecha	Hora Ingreso	Hora Salida	Vehículo (Placa)	Conductor	Empresa Transportadora	Origen Residuos	Tipo Residuo	Cantidad (Kg)	Unidad Medida	Observaciones	Preclasificación	Riesgo	Cumplimiento Transporte	Documentación
Centro Recreativo los Almendros	2/12/2022	8:00	9:00	ABC123	Carlos Sanchez	Comfacauca	Comercial	Plástico duro	65	Kg	Envase de plástico limpios	Sí	No	Sí	Sí
	2/12/2022	8:00	9:00	ABC123	Carlos Sanchez	Comfacauca	Comercial	Peligroso (Envase reactivo)	12	Kg	Reactivo alguicida para incineración	No	Sí	Sí	Sí
Centro Recreativo La Ceiba	2/12/2022	11:00	12:30	ABC123	Carlos Sanchez	Comfacauca	Comercial	Plástico duro	45	Kg	Envase de plástico limpios	Sí	No	Sí	Sí
	2/12/2022	11:00	12:30	ABC123	Carlos Sanchez	Comfacauca	Comercial	Peligroso (Envase reactivo)	5	Kg	Reactivo alguicida para incineración	No	Sí	Sí	Sí
Centro Recreativo Pisoje	2/12/2022	15:30	16:30	ABC123	Carlos Sanchez	Comfacauca	Comercial	Plástico duro	50	Kg	Envase de plástico limpios	Sí	No	Sí	Sí
	2/12/2022	15:30	16:30	ABC123	Carlos Sanchez	Comfacauca	Comercial	Peligroso (Envase reactivo)	8	Kg	Reactivo alguicida para incineración	No	Sí	Sí	Sí
Centro Recreativo Guayacanes	2/12/2022	8:00	9:00	XYZ987	Daniel Camayo	Dotaciones Químicas	Comercial	Plástico duro	40	Kg	Envase de plástico limpios	Sí	No	Sí	Sí
	2/12/2022	8:00	9:00	XYZ987	Daniel Camayo	Dotaciones Químicas	Comercial	Peligroso (Envase reactivo)	5	Kg	Reactivo alguicida para incineración	No	Sí	Sí	Sí
Gimnasio	2/12/2022	11:00	12:00	XYZ987	Daniel Camayo	Dotaciones Químicas	Comercial	Plástico duro	30	Kg	Envase de plástico limpios	Sí	No	Sí	Sí
	2/12/2022	11:00	12:00	XYZ987	Daniel Camayo	Dotaciones Químicas	Comercial	Peligroso (Envase reactivo)	5	Kg	Reactivo alguicida para incineración	No	Sí	Sí	Sí

### Ilustración 4. Separación por Centro Recreativo

Como referencia, hay 2 tipos de residuos predominantes que se generan en los centros recreativos para mantener, limpiar y desinfectar las piscinas, que son: el plástico duro y el peligroso (envase reactivo). Con respecto a lo anterior se tiene la siguiente información:

El plástico duro está representado por envases de las siguientes características:

#### ENVASES DE PLÁSTICO DURO

**COLORO GRANULADO 50 KG**



Peso sin producto = 2.3 kg

**COLORO GRANULADO 40 KG**



Peso sin producto = 1.75 kg

**COLORO GRANULADO VALE 20 LT**



Peso sin producto = 2 kg

**BRIQUETTES 50 LB**



Peso sin producto = 2 kg

Los envases incompletos también son recogidos, pero no suman; estos son llevados a la planta de picado o triturado para convertirse en materia prima para otros productos plásticos. Todo esto, se convierte en un proceso de responsabilidad asociada al funcionario que almacena los envases hasta que se realiza la recolección en el próximo trimestre del año, generando compromiso con el proceso.

El envase considerado como peligroso o envase reactivo presenta las siguientes características:

**ENVASE PARA INCINERACION**

**Alguicida 10 Lt.**



Peso sin producto = 1.5 Kg

**Alguicida 4 Lt.**



Peso sin producto = 0.8 Kg

**Alguicida 1 Lt.**



Peso sin producto = 0.45 Kg

Los contenedores anteriormente mencionados deben de ser incinerados por contener reactivos nocivos para la salud y por tanto requieren de atención y disposición especializada. Tanto proveedor como cliente tienen un compromiso ambiental haciendo la segregación adecuada y la disposición final en una planta de incineración al norte del Departamento. El proceso de incineración solo está a cargo del proveedor y que el cliente COMFACAUCA colabora almacenando los envases por temas de responsabilidad social y ambiental hasta recogerlos en la próxima ruta de recolección.

Ambas figuras están comprometidas desde sus objetivos corporativos a contribuir al mejoramiento de las condiciones medioambientales, las dos partes pretenden de beneficios económicos, COMFACAUCA es quien recibe beneficios económicos (descuento financiero) y el proveedor por su parte, reduce costos en almacenamiento.

### **Análisis e interpretación de datos**

Como parte de su compromiso con la preservación del medio ambiente, COMFACAUCA está trabajando en la creación de una estrategia para la recolección y manejo de envases plásticos que se extraen de los servicios recreativos. Si se implementara la propuesta a inicios del año 2024, se habrían recolectado aproximadamente 1.2 toneladas de envases plásticos. Esto significa que a la fecha se han aprobado 6 órdenes de compra por un valor superior a los \$28.000.000 cada una. El objetivo de esta propuesta es optimizar este proceso para obtener ganancias tanto para la organización como para el medio ambiente. El proveedor ofrece un atractivo descuento en la siguiente factura a cambio de cumplir con algunas condiciones:

- Los envases por recoger deben estar en perfectas condiciones.
- Los envases deben estar completos con su respectiva tapa y contratapa.

A continuación, se tienen estos otros datos importantes:

- Se requiere evaluar el destino final del 35% de los envases recolectados, considerando su posible destrucción o disposición final. El 65% del plástico restante son envases de

plástico duro utilizados para almacenar cloro granulado a diferente porcentaje de concentración.

- 217 kilogramos de plásticos, debido a sus características, requieren manejo especializado para su disposición final en una planta de incineración.
- Para acceder al bono de descuento, se deben cumplir los requisitos del proveedor y entregar entre el 85 y 90% de los envases recolectados.
- Se ha acordado un descuento de \$200.000 en la próxima factura de COMFACAUCA, aplicable a su siguiente compra en cualquiera de los centros recreativos.

La propuesta genera importantes beneficios para COMFACAUCA.

- **Ahorro económico:** COMFACAUCA obtiene un descuento de \$200.000 en la próxima factura, lo que representa un ahorro acumulado de \$1.200.000 a la fecha.
- **Compromiso ambiental:** Se fortalece el compromiso de COMFACAUCA con la sostenibilidad ambiental a través de la gestión responsable de los residuos plásticos.
- **Mejora de la imagen corporativa:** Proyectar una imagen positiva y comprometida con el medio ambiente.

### Validación de los resultados

A continuación, se presentan herramientas para validar los resultados y asegurar precisión en el análisis de los datos.

1. El sistema de gestión de residuos tiene como objetivo documentar y supervisar el proceso de recolección y disposición de envases plásticos.
  - a. Base de datos: registro de la cantidad de envases recolectados clasificados y su destino final.
  - b. Software de gestión ambiental: Soluciones específicas, como SAP EHS pueden ayudar en la gestión y las relaciones.
2. Auditorías: internas y/o externas para garantizar que los procesos sean correctos.
  - a. El equipo de cumplimiento ambiental de COMFACAUCA lo realiza internamente.
  - b. Organizaciones externas de certificación como la ISO 14000.
3. Se pueden realizar informes estándar para revisión y análisis sistemático.
  - a. Informe de progreso: Compare los objetivos iniciales con los resultados obtenidos.
  - b. Informe con regularidad.
4. Sistema de trazabilidad y seguimiento: Implementar tecnologías de seguimiento.
  - a. Etiquetado con código de barras o RFID.
  - b. Blockchain: transparencia y trazabilidad de los procesos de reciclaje.
5. Indicadores: los KPIs pertinentes para medir el éxito del proyecto.
  - a. Las tasas de recolección son el porcentaje de envases recolectados en comparación con los producidos.
  - b. Costos de gestión: gastos mensuales asociados a la gestión de residuos.
  - c. Impacto ambiental: reducción de la huella de carbono entre otros.
6. Feedback y mejora continua: aplicación de metodologías de mejoramiento continuo.

- a. Recopilar información y opiniones sobre la efectividad y eficiencia del programa.
- b. Retroalimentación: necesaria para evaluar y ajustar las condiciones y beneficios del proveedor basado en resultados y cumplimiento.

## **Escenario experimental y numérico**

El estudio analiza los costos de adquisición de productos químicos para varios proyectos en 2024. Mediante la identificación de patrones de gasto y la evaluación de la eficiencia en la utilización de los recursos, el objetivo es optimizar la gestión de recursos y reducir costos.

El diseño del experimento se basa en la recopilación y el análisis de datos de órdenes de compra de productos químicos. Los datos se extraen de un archivo Excel (adjunto) que contiene información detallada sobre cada orden, como una descripción del ítem, la cantidad ordenada, el valor total y el proyecto relacionado.

Los datos se obtuvieron de órdenes de compra de 2024. Cada registro en el archivo de Excel muestra un orden de compra específico, incluyendo los parámetros anteriormente mencionados. Estos datos eran precisos y relevantes para el análisis porque se obtuvieron directamente del sistema de gestión de compras de la organización.

El análisis se basa en un enfoque cuantitativo, utilizando métodos de análisis de datos descriptivos y de costos. La técnica incluye:

Recopilación de datos: generados por el sistema de gestión de compras.

Procesamiento de datos: limpiar y normalizar datos para garantizar su calidad y coherencia.

El análisis descriptivo consiste en calcular estadísticas descriptivas para comprender la distribución y variabilidad de los datos.

El modelo empresarial utiliza modelos estadísticos para encontrar tendencias y patrones en los costos de adquisición.

De modo que el modelo práctico de análisis de costos determina los elementos que más contribuyen al gasto total por proyecto. Identificando los proyectos con mayor costo de adquisición, la suma de los valores netos de las órdenes de compra relacionadas con cada proyecto, evaluación de varios factores que tienen un impacto en los costos totales, propuestas para mejorar la gestión de compras y reducir los costos.

## **Resultados y discusiones**

Los resultados a partir de la aplicación de la macro muestran una mejora notable en indicadores clave. A continuación, se describen los principales hallazgos:

1. Ahorro de recursos: la reutilización impacta en términos de materia prima como de costos asociados a la disposición final.
2. Impacto ambiental positivo: es necesario alinearse con los objetivos de la economía circular. La reducción de residuos y el ahorro de recursos impactan positivamente en el medio ambiente.
3. Reducción de residuos: se habrían dejado de desechar a los vertederos cerca de 1.2 toneladas.
4. Eficiencia operativa: la macro tiene como función optimizar los procesos logísticos permitiendo que el seguimiento sea eficiente para los materiales dentro de la cadena inversa

## Conclusiones

La investigación actual demuestra que la logística inversa, respaldada por herramientas tecnológicas como las macros, puede impulsar significativamente la economía circular en organizaciones como COMFACAUCA,

Se identificaron y mejoraron los procesos de logística inversa existentes, enfatizando aspectos cruciales para la sostenibilidad. Además, se utiliza la macro para almacenar datos precisos y valiosos para la toma de decisiones. Esto se basa en los hallazgos del estudio, que sugieren para mejorar la logística inversa y mejorar la economía circular de la organización.

Como trabajos futuros se deberá explorar los siguientes apartados:

- Evaluación del impacto social: analizar el impacto social de la implementación de la logística inversa.
- Integración de nuevas tecnologías: investigar el uso de tecnologías emergentes.
- Análisis comparativo: identificar mejores prácticas y oportunidades de colaboración.
- Ampliación del alcance: extendiendo el estudio a otras áreas y con diferentes tipos de residuos.

## Referencias

- Aguirre González, M., et al. (2024). Análisis del proceso inverso en la cadena de suministro del sector textil. *Revista de Gestión Empresarial*, 12(2), 45-59.
- Malpica Zapata, J., et al. (2022). Análisis bibliométrico de la producción científica sobre logística inversa. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Producción*, 10(3), 87-102.
- Ruiz Sánchez, P., et al. (2020). Logística inversa como estrategia de diferenciación en empresas exportadoras. *International Journal of Business Administration*, 8(4), 112-125.

- Stahel, W. R. (1998). The economics of loops: a circular theory of wealth. The new economic era: convergence or divergence between industrial and developing countries? 121-134.
- Fundación Ellen MacArthur. (2017). Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition.
- Ellen MacArthur Foundation. (2022). Circular Economy in Cities: Evolving the Model for a Regenerative Future. Ellen MacArthur Foundation.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603-626. DOI: 10.1016/j.ejor.2014.07.012
- Ndiaye, M., et al. (2023). Integrating sustainability into logistics: A systematic review of the literature. *Sustainability*, 15(7), 3065. DOI: 10.3390/su15073065
- Bocken, N. M., et al. (2016). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42-56. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.11.048
- Lopes, S. A., et al. (2022). Circular economy implementation in the supply chain: A systematic literature review and future research agenda. *Resources, Conservation and Recycling*, 184, 106326. DOI: 10.1016/j.resconrec.2022.106326
- WRAP. (2023). Circular Economy Market Opportunities in the UK. WRAP.
- Sroufe, R. (2023). *The Circular Economy Handbook: Realizing More Value, Sustaining Prosperity, and Catalyzing Growth*. CRC Press. [Libro].
- Kirchherr, J., et al. (2022). Unravelling the circular economy: A systematic literature review on the circular economy from a production perspective. *Journal of Cleaner Production*, 251, 119724. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119724
- van Bree, B., et al. (2022). Developing the circular economy through reverse logistics operations: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 222, 107904. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107904
- European Environment Agency. (2022). *Circular by Design: Products in the Circular Economy*. European Environment Agency.
- Geissdoerfer, M., et al. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Geum, Y., & Kim, Y. (2021). A review of reverse logistics systems in a circular economy context. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 38(4), 250-263. DOI: 10.1080/21681015.2021.1910854
- Groothuis, F., & Van Dam, K. (2022). A qualitative evaluation of the Dutch circular economy transition strategy. *Journal of Cleaner Production*, 299, 126989. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126989
- Yuan, Z., et al. (2023). Circular economy: A review of Chinese studies. *Journal of Cleaner Production*, 148, 373-386. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.11.035

## Anexos

### 1. Códigos de las macros

```
Sub REGISTRO()  
| ' Macro REGISTRO  
| ' Este macro valida la información de la base de datos,  
| ' copia y pega información desde la hoja 'Ingreso' a la hoja 'Base Datos',  
| ' y luego borra la información ingresada.  
  
Dim FILA As Long  
Dim indicefila As Long  
  
' Ciclo que valida la información de la base de datos  
With Sheets("Base Datos")  
    FILA = 3  
    For indicefila = 3 To 1000  
        If .Cells(indicefila, 2).Value > 0 Then  
            FILA = indicefila + 1  
        End If  
    Next indicefila  
End With  
  
' Copiado y pegado de información en la base de datos  
With Sheets("Ingreso")  
    .Range("AAS:AV5").Copy ' Copiar el rango especificado  
  
    Sheets("Base Datos").Cells(FILA, 2).PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:=False, Transpose:=False  
    Application.CutCopyMode = False ' Desactivar el modo de copiar  
  
    ' Borrar la información del ingreso de datos  
    .Range("C6:J6").ClearContents  
    .Range("D9:E18").ClearContents  
    .Range("I9:J21").ClearContents  
End With  
  
' Mensaje de confirmación  
MsgBox "Transacción grabada exitosamente!", vbInformation, "REGISTRO LOGISTICA INVERSA"  
End Sub
```