

**Escuela Superior Politécnica del Litoral Facultad de Ciencias  
Sociales y Humanísticas**

Automatización del monitoreo y control de costos operativos  
en una empresa exportadora de banano.

ADMI-1250

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Licenciatura en auditoría y control de gestión**

Presentado por:

Diego Omar Cedeño Mainato

Álvaro Andres Vega Haro

Guayaquil-Ecuador

Año: 2025

## **Agradecimiento**

Agradecemos profundamente a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, hicieron posible la culminación de este proyecto. A nuestras familias, por su apoyo incondicional y la confianza depositada en cada paso de este camino. A nuestros docentes y compañeros, por compartir sus conocimientos y experiencias, que enriquecieron nuestra formación académica y profesional.

A nuestro entorno laboral, por brindarnos la oportunidad de aplicar lo aprendido y seguir creciendo. Y a cada persona cercana que, con una palabra de aliento o un gesto de apoyo, contribuyó a que este logro se hiciera realidad.

**Álvaro Andres Vega Haro y Diego Omar Cedeño Mainato**

## **Dedicatoria**

El presente proyecto se lo dedico con especial cariño a mi mascota, compañera fiel en los momentos de desvelo y esfuerzo, al Atlético de Madrid, que me inspiró con su ejemplo a nunca rendirme y a mantener siempre la resiliencia como bandera. Agradezco también a mi entorno laboral, donde cada experiencia me permitió adquirir nuevos conocimientos que hoy forman parte de este logro. Pero sobre todo, esta dedicatoria es para mi familia, quienes con su apoyo constante y su presencia incondicional han sido el pilar fundamental para alcanzar cada meta propuesta.

**Diego Omar Cedeño Mainato**

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a Dios, quien con cada prueba me enseñó a superarme y me brindó la mentalidad de ganador para ser mejor cada día. A mi hermano, que con su ejemplo ha sido guía y modelo en mi vida. A mi familia, por haberme criado con valores firmes y enseñanzas que me han acompañado en cada paso de este camino. Gracias a ellos he tenido la fortaleza y la motivación para alcanzar esta meta.

**Álvaro Andres Vega Haro**

## **Declaración Expresa**

---

Nosotros Álvaro Andres Vega Haro y Diego Omar Cedeño Mainato acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

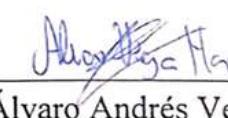
Guayaquil, 21 de Mayo del 2025.



---

Diego Omar Cedeño Mainato

CI: 0958586646



---

Álvaro Andrés Vega Haro

CI: 0950293860

## **Evaluadores**

---

Msc. Benigno Alfredo Armijos de la cruz  
Profesor de Materia

---

Msc. Luis Javier Ruiz Velez  
Tutor de Proyecto

## **Resumen**

El presente proyecto desarrolla un sistema digital automatizado para monitorear y controlar los costos operativos en una empresa exportadora de banano. Mediante la integración de Python para el tratamiento de datos y Power BI para la visualización interactiva, se construyó un dashboard que centraliza la información de entradas y salidas de materiales logísticos, mejorando la trazabilidad, reduciendo sobrecostos y facilitando la toma de decisiones gerenciales. El diseño se estructuró bajo la metodología CRISP-DM, garantizando una solución escalable, reproducible y alineada con las necesidades de la organización.

**Palabras clave:** automatización, costos operativos, exportación, banano, Power BI, Python, CRISP-DM, trazabilidad.

## **Abstract**

This project develops a digital automated system for monitoring and controlling operating costs in a banana exporting company. By integrating Python for data processing and Power BI for interactive visualization, a dashboard was built to centralize information on the inflow and outflow of logistic materials, enhancing traceability, reducing overhead costs, and supporting managerial decision-making. The design was structured under the CRISP-DM methodology, ensuring a scalable, reproducible, and business-oriented solution.

**Keywords:** automation, operating costs, banana export, Power BI, Python, CRISP-DM, traceability.

# Índice

Capítulo 1 .....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo General .....	16
1.3.2 Objetivos Específicos .....	17
1.4. Marco Teórico .....	17
Transformación Digital y Automatización Empresarial.....	17
Control de costos operativos .....	18
Sistemas digitales de monitoreo .....	19
Contexto global del comercio bananero y sostenibilidad.....	19
Capítulo 2 .....	21
Metodología .....	21
Fase 1: Selección de la solución mediante la Matriz de Pugh.....	23
Proceso aplicado:.....	23
1. Comprensión del negocio.....	25
2. Comprensión de los datos.....	26
3. Preparación de los datos (con Python) .....	27
4. Modelado en Power BI.....	27
5. Indicadores implementados en Power BI (DAX).....	27
6. Evaluación .....	28
7. Despliegue .....	29
Plan de Sostenibilidad y Escalabilidad.....	29
Mantenimiento del sistema:.....	29
Escalabilidad: .....	29
Capacitación: .....	30
Glosario de Términos Clave.....	30
Síntesis metodológica.....	31
Capítulo 3 .....	33
Resultados .....	34

1. Presentación del dashboard .....	34
2. Proceso de solución paso a paso.....	35
2.2 Modelado de datos en Power BI.....	37
2.3 Creación de indicadores clave (DAX).....	38
5. Análisis costo–beneficio.....	44
5.1 Costos del proyecto .....	44
5.2 Beneficios obtenidos .....	45
5.3 Indicadores de retorno .....	46
5.4 Conclusión del análisis.....	48
Conclusiones .....	49
Recomendaciones.....	51
Referencias Bibliográficas .....	52
Anexos.....	53
Figura 1 .....	53
Figura 2 .....	58
Figura 3 .....	61
Figura 4 .....	64

# **Capítulo 1**

## Introducción

La transformación digital ha revolucionado en los últimos años la manera en que las empresas gestionan sus procesos internos. Hoy en día, pueden gestionar sus operaciones con mayor rapidez y precisión gracias al uso eficiente de los datos. Esto es relativamente importante en sectores como la industria agrícola y la exportación, en donde hay muchos factores logísticos en juego, por lo que para seguir siendo competitivas en el sector en el que se desarrollan, las empresas necesitan apoyarse cada vez más en herramientas tecnológicas.

En este contexto, la automatización y el uso de indicadores claves de desempeño (KPI) son herramientas que ayudan a aprovechar mejor los recursos y a tomar decisiones más acertadas. Este estudio busca analizar cómo estas herramientas pueden aplicarse en empresas exportadoras, ayudándoles a gestionar sus operaciones de forma más eficiente, organizada y alineada con las demandas del mercado actual.

Aunque los avances tecnológicos han demostrado su capacidad para elevar el rendimiento y reducir las imprecisiones en numerosas industrias, la cadena de exportación de banano continúa atrapada en un sistema de registros manuales y dispersos. El seguimiento de materiales esenciales como cajas, fundas, cintas y pallets se realiza en hojas de cálculo locales o, en el mejor de los casos, en libros contables independientes. La ausencia de un repositorio central dificulta la conciliación entre compras, inventarios y consumos reales, retrasando la elaboración de reportes y enmascarando sobrecostos que solo se identifican cuando ya han erosionado la rentabilidad.

La literatura especializada confirma que el costo de mantener procesos manuales se manifiesta en mermas y pérdidas invisibles. Un estudio de *Computers and Electronics in Agriculture* revela que la digitalización del registro de insumos en cultivos perecibles reduce en promedio 12 % los desperdicios pos cosecha y 18 % los costos operativos mediante la entrega de

información de uso en tiempo real y la generación de alertas ante desviaciones. De forma complementaria, investigaciones en el *International Journal of Production Economics* demuestran que el diseño de estrategias de empaquetado basadas en información granular sobre pérdida y reposición de materiales puede recortar hasta 15 % los gastos de embalaje en productos frescos, sin sacrificar la integridad del producto.

Más allá del ahorro directo, la trazabilidad digital aporta un valor añadido importante en mercados altamente competitivos. Soluciones que combinan sensores IoT y blockchain, probadas en exportaciones hortofrutícolas, han acelerado en 40 % la detección de desviaciones térmicas durante el transporte y reducido sustancialmente los litigios por reclamaciones de calidad. Para una empresa de banano cuyo prestigio depende de llegar con fruta en condiciones óptimas a puertos lejanos, esta visibilidad opera como un seguro frente a rechazos de contenedores y penalidades contractuales.

Los estudios de consultoras y foros sectoriales advierten, además, del “costo oculto de no digitalizar”: organizaciones que perpetúan la captura manual de datos suelen destinar hasta un 25 % más de horas-hombre a tareas de reconciliación y pierden oportunidades de negociación con proveedores por falta de información confiable sobre consumos reales. Esa carga administrativa, unida a la falta de trazabilidad, incrementa el riesgo de fraude interno y dificulta la identificación de prácticas de desperdicio o mal uso de materiales de exportación.

Frente a este panorama, la presente tesis se propone demostrar que la implantación de una solución automatizada para el seguimiento y control de costos apoyada en un tablero de indicadores KPI relevantes para la realidad bananera permite a la empresa: (i) registrar en línea la salida y el consumo de cada insumo de empaque, (ii) cruzar en tiempo real los datos de compras,

inventarios y producción, y (iii) generar alertas que prevengan desviaciones antes de que comprometan la rentabilidad o la reputación. Al integrar estas funciones en un marco de auditoría y control de gestión, se busca no sólo optimizar los recursos, sino también fortalecer la transparencia, la capacidad de proyección presupuestaria y la sostenibilidad con capacidad de mantenerse en un entorno global de creciente exigencia.

## **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La empresa se especializa exclusivamente en el empaque y exportación de banano, pero actualmente enfrenta serias dificultades para controlar y monitorear sus costos operativos, particularmente en lo que respecta a materiales como cajas, fundas, cintas, pallets y etiquetas. Esta carencia de control impide disponer de datos exactos y oportunos que respalden la toma de decisiones estratégicas, lo que puede resultar en gastos innecesarios, pérdidas por desperdicio o uso ineficiente de los materiales, y una trazabilidad deficiente del proceso de exportación. La ausencia de un sistema digital automatizado que integre estos datos provoca que la empresa pierda oportunidades para optimizar sus recursos, elaborar presupuestos más exactos y mejorar su rentabilidad.

La falta de digitalización provoca sobrecostos por desperdicio y un uso ineficiente de los materiales, lo que limita la habilidad de la gerencia para fundamentar sus decisiones en información verídica. En un entorno tan competitivo como el de la exportación, donde la rentabilidad depende directamente de una buena gestión de costos, no contar con un sistema automatizado representa un riesgo importante.

La industria a la que pertenece la organización exige un control muy estricto de los costos para seguir siendo competitiva a nivel nacional. El problema se puede ver y medir en los sobrecostos actuales, la falta de trazabilidad de los materiales y la dificultad para generar reportes gerenciales precisos. Entre las variables más importantes están el costo por contenedor, el consumo promedio por cliente y las desviaciones frente al presupuesto, pero hoy por hoy no hay forma de darles seguimiento de manera eficiente. Atacar este problema es fundamental para optimizar inventarios, reducir mermas y mejorar la calidad de los reportes, lo cual tiene un impacto directo tanto en la operación como en la toma de decisiones estratégicas.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Esta investigación responde un desafío real de una empresa exportadora de banano situada en Guayaquil, cuya sostenibilidad financiera depende de controlar con precisión cada centavo destinado a materiales logísticos. Al implantar una herramienta digital de monitoreo y control, la exportadora podrá registrar consumos en tiempo real, comparar presupuestos versus la realidad y detectar fugas de valor antes de que impacten el margen de utilidad. La solución propuesta no exige modificar la fase agrícola, sino modernizar el sistema de control de los despachos de materiales, donde se concentra el mayor nivel de gastos directos bajo responsabilidad de la empresa.

Para los autores y para el personal interno de la compañía, el proyecto supone un entrenamiento aplicado en auditoría digital y control de gestión: se diseñará un tablero de KPI orientado a costos operativos, se establecerán rutinas de conciliación automática y se definirán alertas que alimenten la matriz de riesgos corporativos. Este proceso fortalecerá competencias en análisis de datos, visualización gerencial y governance de la información.

La industria bananera es un motor de empleo rural; una mejora en la eficiencia del empaque y la exportación contribuye a la estabilidad de la cadena de valor al reducir desperdicios y fomentar prácticas sostenibles. Una empresa más rentable puede reinvertir en mejores condiciones laborales y en programas de responsabilidad social con las comunidades productoras.

Existen escasos estudios, en el contexto ecuatoriano, que documenten la digitalización de procesos logísticos en pequeñas y medianas empresas exportadoras. La propuesta generará un modelo replicable de control de costos basado en KPI, enriqueciendo la literatura sobre auditoría y transformación digital en cadenas agroexportadoras.

La tendencia global apunta a cadenas de suministro trazables de extremo a extremo. Adoptar ahora un sistema automatizado posiciona a la empresa un paso adelante frente a regulaciones futuras en materia de transparencia y certificaciones ambientales. De esta forma, la investigación no solo soluciona una necesidad inmediata, sino que prepara a la organización para escenarios regulatorios y competitivos cada vez más exigentes.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar e implementar una plataforma digital automatizado que permita controlar y monitorear los costos operativos asociados a los materiales de exportación en una empresa bananera, usando indicadores clave de desempeño para mejorar la trazabilidad, optimizar la eficiencia y respaldar la toma de decisiones gerenciales.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar una herramienta digital que registre de manera centralizada y en tiempo real el consumo, uso y costo unitario de los materiales logísticos usados en la exportación.
- Incorporar indicadores clave de desempeño (como costo por contenedor, consumo promedio por cliente y desviaciones presupuestarias) que faciliten el análisis operativo.
- Implementar el sistema en la empresa, asegurando que funcione bien, se integre con los procesos existentes y que los resultados sean técnicamente válidos.
- Elaborar un manual práctico, que facilite la comprensión y aprovechamiento del sistema digital por parte del personal.
- Evaluar el impacto del sistema en la eficiencia operativa, midiendo mejoras en trazabilidad, reducción de desperdicios y posibilidad de replicarlo en otras empresas exportadoras

### **1.4. Marco Teórico**

#### **Transformación Digital y Automatización Empresarial**

La transformación digital en las empresas implica la adopción de tecnologías que permitan integrar y automatizar procesos clave. Herramientas de gestión empresarial: ERP para recursos, CRM para clientes y BPM para procesos cumplen un rol esencial en este proceso, ya que unifican áreas como logística, finanzas y producción, permitiendo una gestión más eficiente y una gestión de decisiones apoyada en datos objetivos (Borysov & Shepel, 2025). Estas herramientas digitales reducen errores humanos, optimizan recursos y mejoran la trazabilidad de operaciones.

De forma paralela, la evolución de tecnologías como la IA y la nube ha cambiado de manera significativa la gestión de cadenas de suministro. La automatización de procesos mediante IA permite realizar predicciones en tiempo real, identificar riesgos y tomar decisiones operativas automatizadas. La integración de estos sistemas mejora el control de inventarios, la planificación de entregas y la eficiencia operativa (Aich, Sengupta, and Pasam, 2025).

En el caso de empresas bananeras, el uso de tecnologías como el “gemelo digital” ha permitido implementar sistemas de trazabilidad precisos que integran producción y exportación, mejorando la eficiencia y el cumplimiento normativo (Suharno, Herwastoeti, and Nurseto, 2023).

### **Control de costos operativos**

El control de costos es una función fundamental en toda organización, ya que permite monitorear, planificar y analizar los gastos asociados a las operaciones. En el sector exportador, los costos vinculados a materiales logísticos como cajas, fundas y etiquetas representan un componente relevante del gasto total. Una gestión inadecuada de estos recursos puede generar pérdidas económicas y disminuir la competitividad.

Estudios como el de Nugraha, Darsono y Marwanti (2023) muestran que el rendimiento exportador del banano depende de factores como la competitividad de costos, la diversificación de mercados y la eficiencia logística, lo que resalta la necesidad de sistemas automatizados de control.

De igual forma, estudios han confirmado que la puesta en marcha de herramientas digitales financieras mejora la gestión presupuestaria al permitir pronósticos basados en datos, análisis de riesgos y monitoreo en tiempo real mediante tableros digitales y KPIs. Estas estrategias, aunque desarrolladas inicialmente en sectores como el petróleo y gas, pueden

adaptarse a contextos logísticos como el bananero para reducir desperdicios y mejorar la sostenibilidad financiera (Chukwuma-Eke, Ogunsola, and Isibor, 2023).

### **Sistemas digitales de monitoreo**

Los sistemas digitales de monitoreo integran múltiples fuentes de información operativa y permiten visualizar indicadores clave de desempeño (KPIs) en tiempo real. Estos sistemas, diseñados con principios de automatización, mejoran la eficiencia del flujo de trabajo, optimizan la asignación de recursos y facilitan la evaluación en tiempo real de la información para apoyar decisiones.

El uso de plataformas digitales inteligentes también permite aplicar análisis de Big Data para anticipar desviaciones, generar alertas y minimizar riesgos. Estudios recientes demuestran que estas tecnologías, combinadas con tableros interactivos, mejoran la sostenibilidad operativa a largo plazo y ofrecen beneficios tanto económicos como estratégicos (Druzhynin, Rzheussky, Kartashov, and Kazakovtsev, 2025).

### **Contexto global del comercio bananero y sostenibilidad**

La sostenibilidad y trazabilidad en la cadena de valor del banano se han convertido en prioridades estratégicas debido a presiones comerciales y ambientales globales (Bebber, 2022). Esto ha llevado a una transformación gradual del comercio bananero, donde se espera que las empresas adopten sistemas digitales y procesos más eficientes con el fin de conservar la capacidad competitiva en el ámbito internacional.



# **Capítulo 2**

## **Metodología**

Antes de elegir la solución óptima para la empresa, fue necesario llevar a cabo un análisis de causa y efecto para identificar los factores que generan el problema de falta de control en los costos operativos. Para esto, se aplicó un Diagrama de Ishikawa, que igualmente también es reconocido como diagrama de espina de pescado que facilitó agrupar y visualizar las causas

según las áreas clave involucradas en el proceso logístico de exportación. Esta herramienta ayudó a comprender cómo diversas deficiencias operativas y estructurales impactan en el monitoreo de materiales y justifican la implementación de una solución automatizada.

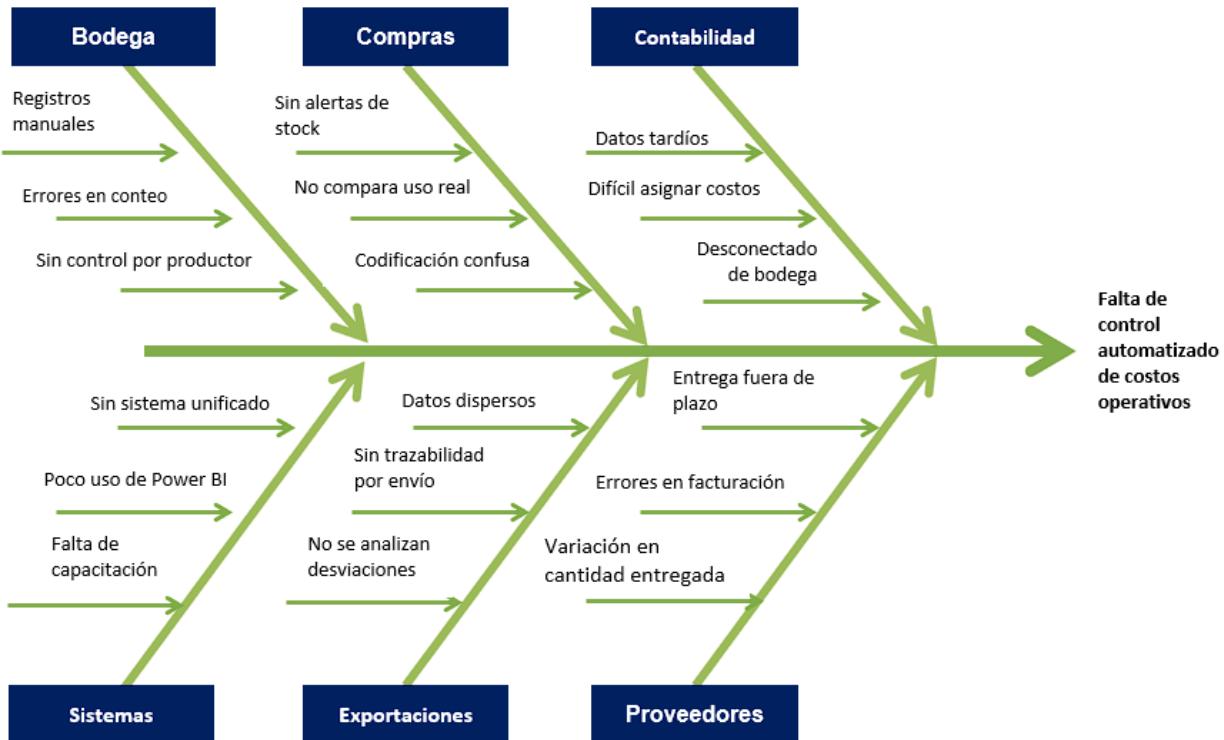


Ilustración 1 Diagrama de Ishikawa de la falta de control automatizado de costos operativos

El análisis mostró que los problemas no se limitan a un único departamento, sino que resultan de fallas acumulativas en la planificación, supervisión, registro y conciliación. Esta variedad de causas condujo a adoptar una metodología en dos fases: la primera, destinada a seleccionar la alternativa más viable mediante la Matriz de Pugh; y la segunda, enfocada en desarrollar una solución basada en Power BI, apoyada por datos procesados en Python, siguiendo el marco estructurado de la metodología CRISP-DM. Este enfoque integra el análisis comparativo de opciones con una implementación práctica acorde con la información disponible y las necesidades específicas de la empresa.

## **Fase 1: Selección de la solución mediante la Matriz de Pugh**

### **Objetivo:**

Comparar distintas alternativas tecnológicas para mejorar el monitoreo del consumo de materiales logísticos utilizados en la exportación, considerando criterios de viabilidad, costo y aplicabilidad inmediata.

### **Proceso aplicado:**

- Definición de alternativas:**

Se consideraron cinco soluciones:

- Extensión del ERP con módulo de costos.
- Desarrollo de una aplicación web/móvil.
- Uso de hojas electrónicas avanzadas.
- Visualización en Power BI con datos de Excel preprocesados en Python.
- Registro físico con digitalización mensual.

- Criterios de evaluación y ponderación:**

Los criterios fueron definidos con el personal de las áreas operativas y administrativas, y se asignaron pesos relativos según su importancia estratégica y operativa. La ponderación fue consensuada en sesiones grupales y se aplicó sobre los siguientes criterios:

- Costo de implementación (20%)
- Escalabilidad futura (20%)
- Velocidad de desarrollo (15%)
- Pertinencia para el área operativa (15%)

- Facilidad de uso por el personal actual (15%)
- Nivel de automatización alcanzable con recursos disponibles (15%)

- **Levantamiento de información:**

Se realizaron entrevistas y reuniones con personal clave: jefe de compras, contralor, jefa de exportaciones, jefe de bodega y el contador. Se revisó la información histórica de consumo y reportes contables.

- **Construcción de la matriz:**

Cada alternativa fue evaluada en función de los criterios mencionados, usando una escala de valoración simple (+1, 0, -1), y aplicando los pesos definidos para obtener un puntaje ponderado. Se efectuó un análisis de sensibilidad para verificar la robustez del resultado ante cambios marginales en los pesos.

- **Resultado:**

Se seleccionó la alternativa de utilizar Power BI conectado a una hoja compartida de Excel, con datos previamente tratados en Python, por su facilidad de implementación, bajo costo y buena aceptación por parte de los usuarios.

## Fase 2: Desarrollo de la solución con el marco CRISP-DM

### Objetivo

Implementar un dashboard funcional en Power BI que facilite el análisis del consumo de materiales de exportación (como cartones, fundas y etiquetas), utilizando datos históricos consolidados y depurados, en un formato visual e interactivo.

### 1. Comprensión del negocio

Se mantuvieron reuniones estructuradas con las áreas de administración, compras y bodega. A través de estas sesiones se identificaron los principales indicadores de control operativo requeridos, como:

- Volumen de compras y entregas por semana.
- Análisis de proveedores según tipo de material.
- Relación entre materiales utilizados y marcas despachadas.

Criterios / Alternativas	Extensión ERP	App Web/Móvil	Hojas Electrónicas Avanzadas	Power BI + Python	Registro Físico + Digitalización
1. Costo de implementación	-1	-1	0	+1	+1
2. Escalabilidad futura	+1	+1	0	+1	-1
3. Velocidad de desarrollo	-1	0	+1	+1	0
4. Pertinencia para el área operativa	0	+1	0	+1	-1
5. Facilidad de uso por el personal actual	-1	0	+1	+1	0
6. Nivel de automatización alcanzable	+1	+1	0	+1	-1
<b>Puntaje total</b>	<b>-1</b>	<b>+2</b>	<b>+2</b>	<b>+6</b>	<b>-2</b>

Tabla 1Matriz de Pugh para selección de alternativa de solución

- Comportamiento de uso de cartones a lo largo del tiempo.
- Identificación de posibles errores en asignación de materiales por marca.

## 2. Comprensión de los datos

Se revisaron dos fuentes principales: una tabla de entradas (IPB) y otra de salidas (EMS).

Ambas se revisaron para:

- Identificar claves comunes (como código y nombre del producto).
- Verificar la consistencia de fechas, formatos y nombres.
- Determinar campos necesarios para análisis cruzado (marca, proveedor, valor unitario, etc.).

Además de las operaciones básicas de limpieza y estandarización, se aplicaron las siguientes reglas explícitas:

- **Eliminación de duplicados:** Se utilizó drop\_duplicates() para evitar registros repetidos en ambas fuentes.
- **Tratamiento de valores faltantes:** En campos críticos como cantidad y valor, los nulos fueron reemplazados por 0 usando fillna(), con el propósito de garantizar consistencia en las agregaciones.
- **Conversión de fechas inválidas:** Las fechas mal formateadas fueron transformadas a valores nulos con errors='coerce', permitiendo su identificación y posible exclusión del análisis si no eran corregibles.

### **3. Preparación de los datos (con Python)**

Se utilizó la librería pandas para depurar los datos de ambas fuentes. El proceso incluyó:

Proceso	Código de ejemplo en Python
<b>Carga de datos</b>	<code>df_salidas = pd.read_excel("salidas.xlsx")</code>
<b>Eliminar duplicados</b>	<code>df_salidas = df_salidas.drop_duplicates()</code>
<b>Eliminar registros vacíos</b>	<code>df_salidas = df_salidas.dropna()</code>
<b>Normalizar texto (minúsculas)</b>	<code>df_salidas['Nombre del producto'] = df_salidas['Nombre del producto'].str.lower()</code>
<b>Eliminar espacios innecesarios</b>	<code>df_salidas.columns = df_salidas.columns.str.strip()</code>
<b>Crear columna derivada (semana-año)</b>	<code>df_salidas['AñoSemana'] = df_salidas['Fecha'].dt.strftime('%Y-%U')</code>

Estas operaciones permitieron asegurar que los datos estuvieran estructurados de forma uniforme y sin errores antes de ser conectados a Power BI.

### **4. Modelado en Power BI**

Para garantizar la integridad del análisis y permitir una navegación fluida entre visualizaciones, se diseñó un modelo de datos relacional en Power BI. Este modelo conecta las tablas de entradas, salidas, productos, proveedores, marcas y calendario, facilitando la construcción de indicadores dinámicos y reportes cruzados. La siguiente imagen muestra las relaciones activas entre las distintas tablas:

### **5. Indicadores implementados en Power BI (DAX)**

Se construyeron múltiples indicadores para el monitoreo operativo:

Indicador	Fórmula (DAX)	Unidad	Propósito	Tipo
Total Compras	SUM(Entradas[Valor])	USD	Medir el gasto total en compras	Costo
Total Despachos	SUM(Salidas[Valor])	USD	Medir valor total despachado	Costo
% Utilización Cartón	DIVIDE([TotalDespachadoCarton], [TotalIngresadoCarton])	%	Evaluar eficiencia de uso	Eficiencia
Costo Prom. Cartón x Proveedor	AVERAGE(Entradas[Costo Unitario])	USD/unidad	Comparar precios entre proveedores	Costo
Uso Por Marca (%)	Fórmula con DIVIDE() y ALLEXCEPT()	%	Trazabilidad entre materiales y marcas	Trazabilidad

Estas medidas se utilizaron en visualizaciones tipo tarjetas, tablas, gráficos de línea y columnas apiladas para comparar despachos semanales por marca, proveedores por tipo de cartón y alertas de desviaciones.

## 6. Evaluación

Se llevó a cabo una validación del dashboard con un grupo de usuarios clave, lo que permitió realizar ajustes en el diseño visual y corregir inconsistencias en la interacción entre filtros y medidas calculadas. Asimismo, se mejoró el rendimiento del modelo mediante la depuración de columnas innecesarias.

Con el fin de evaluar la utilidad y la facilidad de uso del dashboard, se aplicó una encuesta a 5 usuarios clave, utilizando una escala Likert de 5 puntos. La evaluación contempló indicadores como la claridad de las visualizaciones, la utilidad percibida, la facilidad para localizar información y el nivel de satisfacción general. Los resultados reflejaron una alta aceptación y confirmaron que el sistema responde adecuadamente a los requerimientos definidos en la fase de comprensión del negocio.

## **7. Despliegue**

El dashboard fue publicado para uso interno de la gerencia administrativa. La actualización de datos se lleva a cabo mediante una hoja de cálculo colaborativa, la cual es reemplazada semanalmente. Power BI se actualiza manualmente desde Power BI Desktop, y se planea migrar a una actualización automática a futuro.

### **Plan de Sostenibilidad y Escalabilidad**

#### **Mantenimiento del sistema:**

- Actualización mensual de los datos en la hoja compartida.
- Verificación trimestral del correcto funcionamiento de las visualizaciones en Power BI.

#### **Escalabilidad:**

- El modelo de datos fue estructurado para permitir incorporar nuevas áreas (como empaque o transporte) si se dispone de planillas similares.

- Al no depender de infraestructura en la nube, el sistema se mantiene simple y replicable.

## **Capacitación:**

- Se entregó una guía de uso básica del dashboard, cuya estructura y contenido se detallan en la Figura 4 de los anexos.

## **Glosario de Términos Clave**

Término	Definición breve
<b>KPI (Key Performance Indicator)</b>	Métrica crítica que mide el desempeño de un proceso en relación con un objetivo definido.
<b>Google Sheets</b>	Hoja de cálculo en la nube que permite edición colaborativa y actualizaciones en tiempo real. Se usó como fuente conectada directamente a Power BI.
<b>pandas (Python)</b>	Librería de Python utilizada para limpiar, transformar y preparar datos antes de visualizarlos en Power BI.
<b>Power BI</b>	Herramienta de visualización de datos utilizada para construir dashboards interactivos con KPIs, filtros, gráficos y medidas calculadas.
<b>Matriz de Pugh</b>	Técnica de decisión multicriterio que permite comparar diversas alternativas tecnológicas mediante puntuación cualitativa frente a una referencia base.
<b>CRISP-DM</b>	Metodología estándar para proyectos de análisis de datos, estructurada en seis fases: comprensión del negocio, comprensión de los datos, preparación, modelado, evaluación y despliegue.

## Síntesis metodológica

La estrategia metodológica del proyecto se basa en tres componentes principales:

- Selección de la alternativa tecnológica mediante la Matriz de Pugh, considerando criterios colaborativos con personal clave de la empresa.
- Implementación de una solución práctica, combinando limpieza de datos con Python (pandas) y visualización en Power BI a partir de una hoja compartida de Google Sheets.
- Referencia al marco CRISP-DM, que sirvió como guía estructural flexible para organizar las fases del desarrollo, desde la comprensión del negocio hasta la entrega del dashboard final.

Esta metodología fue seleccionada por su viabilidad técnica, bajo costo y alineación con los recursos y necesidades reales de la empresa exportadora.

La combinación de Matriz de Pugh, herramientas ligeras de análisis y el marco CRISP-DM permitió abordar integralmente los elementos del proyecto:

Elemento del título	Metodología que lo aborda	Cómo lo aborda (versión realista)
<b>Automatización</b>	Matriz de Pugh + Python + Power BI + guía CRISP-DM	Selección e implementación de una solución digital basada en hojas compartidas y visualizaciones interactivas.
<b>Monitoreo y control</b>	Python + Power BI + guía CRISP-DM	Limpieza de datos con pandas, creación de KPIs y medidas en Power BI guiadas por etapas de CRISP-DM.
<b>Costos operativos</b>	Matriz de Pugh	Evaluación comparativa estructurada de alternativas y selección de solución factible y funcional.

Tabla 2 Relación entre elementos del proyecto, metodología aplicada y abordaje

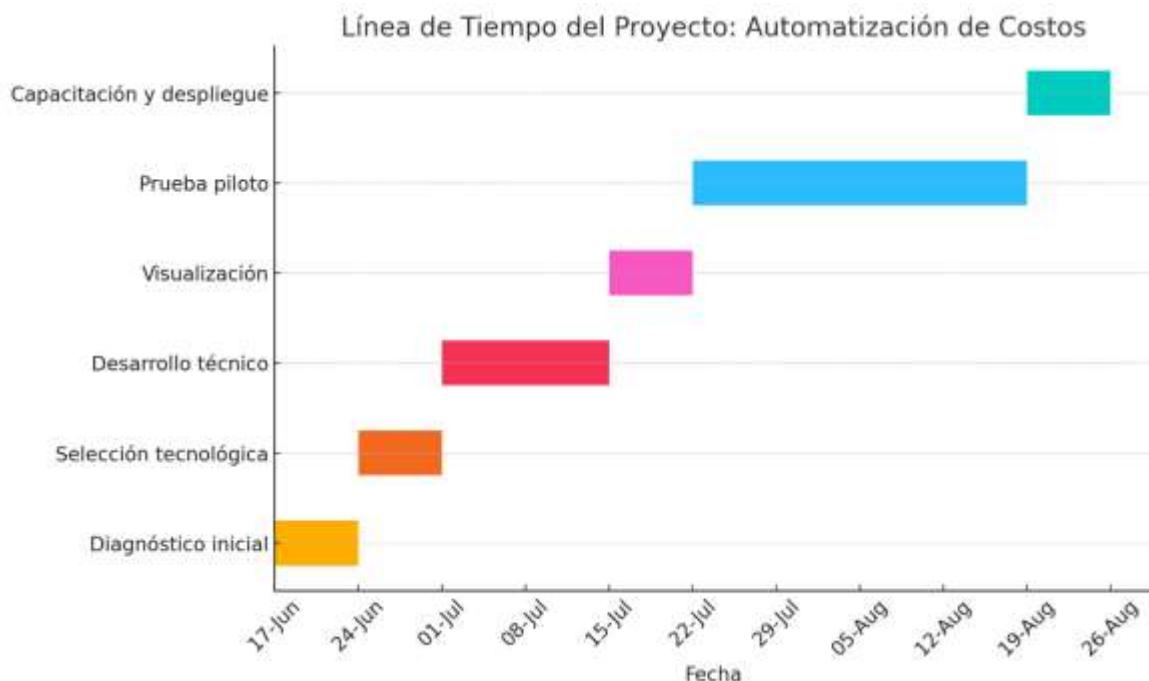


Ilustración 2 Línea de tiempo del proyecto de automatización de costos

## **Capítulo 3**

## Resultados

### Objetivo

Presentar de forma detallada el proceso de diseño y puesta en marcha de un sistema para el monitoreo y control de costos operativos, los indicadores creados, el funcionamiento del dashboard final y la contribución directa de estos elementos a la solución del problema identificado.

### 1. Presentación del dashboard

Se implementó un dashboard en Power BI como solución central para automatizar el monitoreo de materiales de empaque (cartones, fundas, etiquetas, pallets). Este dashboard está alimentado con datos depurados en Python y estructurado bajo un modelo relacional que conecta las tablas.



Ilustración 3 Dashboard de costos de materiales de exportación en Power BI

## 2. Proceso de solución paso a paso

### 2.1 Extracción y depuración de datos en Python

Para asegurar la calidad y coherencia de los datos que nutren el dashboard, se desarrolló un script en Python (librerías pandas y numpy) que ejecuta un flujo de depuración completo sobre las dos fuentes de datos: Entradas (IPB) y Salidas (EMS).

El objetivo fue obtener datasets homogéneos, sin registros redundantes, con campos estandarizados y listos para el modelado en Power BI.

#### Principales pasos aplicados:

Paso	Explicación en lenguaje sencillo	Código usado
0. Carga de datos	Lo primero fue abrir los dos archivos principales: uno con las compras de materiales (Entradas) y otro con los despachos de materiales (Salidas). Así pudimos ver toda la información y comenzar a revisar.	python\nimport pandas as pd\n# Abrir los archivos\nndf_entradas = pd.read_excel(\"entradas.xlsx\")\nndf_salidas = pd.read_excel(\"salidas.xlsx\")\n
1. Eliminación de duplicados	Encontramos que había registros repetidos exactamente iguales. Esto es como si en un informe contáramos dos veces la misma factura: los totales saldrían más altos de lo real. Por eso quitamos esas filas duplicadas.	python\n# Eliminar filas repetidas\nndf_entradas = df_entradas.drop_duplicates()\nndf_salidas = df_salidas.drop_duplicates()\n
2. Registros incompletos	Había filas donde faltaban datos clave como el código del producto o la cantidad. Sin estos datos no se puede saber qué se compró o vendió. Decidimos eliminar solo esos casos para evitar errores en los cálculos.	python\n# Quitar registros sin código o cantidad\nndf_entradas = df_entradas.dropna(subset=[\"Código del producto\", \"Cantidad\"])\nndf_salidas = df_salidas.dropna(subset=[\"Código del producto\", \"Cantidad\"])\n
3. Estandarización de texto	Algunos nombres de producto o proveedor tenían espacios extra o estaban escritos con mayúsculas y minúsculas mezcladas. Esto provoca que el sistema los trate como diferentes aunque sean iguales. Los limpiamos y	python\n# Limpiar espacios y unificar texto\nndef limpiar_texto(df):\n    df.columns = df.columns.str.strip()\n    df[\"Nombre del producto\"] = df[\"Nombre del producto\"].astype(str).str.strip().str.upper()\n    if 'Proveedor' in df.columns:\n        df[\"Proveedor\"] = df[\"Proveedor\"].str.strip().str.lower()\n\nlimpiar_texto(ndf_entradas)\nlimpiar_texto(ndf_salidas)
4. Fechas correctas	Algunas fechas estaban mal escritas o en formatos distintos. Esto es un problema para ordenar o filtrar información por tiempo. Convertimos todas las fechas al mismo formato y marcamos como “vacías” las que no eran válidas para revisarlas después.	python\n# Convertir fechas y marcar inválidas\nfor df in [df_entradas, df_salidas]:\n    df[\"Fecha\"] = pd.to_datetime(df[\"Fecha\"], errors='coerce')\n
5. Valores vacíos en números	En algunos casos faltaban los valores de cantidad, costo unitario o valor total. Si no estaban, el cálculo de costos salía mal. Decidimos poner “0” cuando no había dato y, si el valor total estaba vacío, calcularlo multiplicando cantidad × costo unitario.	python\n# Completar cantidades y costos faltantes\nfor df in [df_entradas, df_salidas]:\n    df[\"Cantidad\"] = df[\"Cantidad\"].fillna(0)\n    df[\"Costo Unitario\"] = df[\"Costo Unitario\"].fillna(0)\n    df[\"Valor\"] = df[\"Valor\"].fillna(df[\"Cantidad\"] * df[\"Costo Unitario\"])\n
6. Identificación de productos de cartón	Creamos una columna que marca si el producto es de cartón (por ejemplo, TAPA, FONDO o PAD). Esto permite calcular indicadores específicos solo para este tipo de material, que es clave para la empresa.	python\n# Marcar si es cartón\npatrones_carton = r\"TAPA FONDO PAD\"\n\nfor df in [df_entradas, df_salidas]:\n    df[\"Carton\"] = df[\"Nombre del producto\"].str.contains(patrones_carton, case=False)
7. Guardar los datos limpios	Finalmente, guardamos las dos tablas ya depuradas en nuevos archivos. Así nos aseguramos de que Power BI trabaje solo con datos correctos y listos para el análisis.	python\n# Guardar archivos\nlimpios_ndf_entradas.to_excel(\"entradas_limpias.xlsx\", index=False)\nlimpios_ndf_salidas.to_excel(\"salidas_limpias.xlsx\", index=False)\n

Se obtuvo una base depurada, sin duplicados, con formatos unificados, campos críticos completados y un indicador booleano para diferenciar productos de cartón del resto. Este flujo puede ejecutarse de forma periódica, asegurando que los datos cargados en el dashboard mantengan su calidad.

Nombre del producto	Unidad	Fecha	Tipo de Documento	FACTURA	Proveedor	Cantidad	Valor	es_carton
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		viernes, 10 de enero de 2025	IPB-8993	001010000175111	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		viernes, 10 de enero de 2025	IPB-9017	001010000175541	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		miércoles, 15 de enero de 2025	IPB-9020	0010100001755411	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		miércoles, 15 de enero de 2025	IPB-9021	001010000175541	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		miércoles, 15 de enero de 2025	IPB-9024	001010000175541	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		miércoles, 15 de enero de 2025	IPB-9028	001010000175316	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		miércoles, 15 de enero de 2025	IPB-9051	001010000175541	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		jueves, 16 de enero de 2025	IPB-9075	001010000175702	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		jueves, 16 de enero de 2025	IPB-9084	001010000175541	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		jueves, 16 de enero de 2025	IPB-9090	001010000175541	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		viernes, 17 de enero de 2025	IPB-9135	001010000175702	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		viernes, 17 de enero de 2025	IPB-9141	001010000176028	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		viernes, 17 de enero de 2025	IPB-9143	001010000176028	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		viernes, 17 de enero de 2025	IPB-9148	001010000176028	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		viernes, 17 de enero de 2025	IPB-9149	001010000175048	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		jumes, 20 de enero de 2025	IPB-9176	001010000175411	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		martes, 21 de enero de 2025	IPB-9177	001010000176149	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		martes, 21 de enero de 2025	IPB-9204	001010000176257	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		martes, 21 de enero de 2025	IPB-9218	001010000176257	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True
TAPA SAN SEBASTIANO 208 UND		miércoles, 22 de enero de 2025	IPB-9237	001010000176704	GRUPASA GRUPO PAPELERO CIALTDIA	1562	749,76	True

Ilustración 4 Identificación de materiales de cartón mediante campo calculado en Power BI

## 2.2 Modelado de datos en Power BI

- Integración de las tablas procesadas en un único modelo relacional.

La Figura presenta el administrador de relaciones del modelo en Power BI. En él se observa cómo:

- Calendario (SemanaFormatada) se vincula con Salidas (Semana) para permitir análisis temporales por semanas.
- Entradas (Código del producto) y Salidas (Código del producto) se conectan a la tabla Productos, lo que centraliza la identificación de cada material.
- Entradas (Proveedor) se enlaza con Proveedores para analizar compras y costos por proveedor.

Administrar relaciones					
<input type="button" value="+"/> Nueva relación		Detección automática	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>	<input type="button" value="Filtro"/>
De	Relación	A: tabla (columna)	Estado		
<input type="checkbox"/> Calendario (SemanaFormatada)	*	Salidas (Semana)	Activo	...	
<input type="checkbox"/> Entradas (Código del producto)	* —> 1	Productos (codigo_producto)	Activo	...	
<input type="checkbox"/> Entradas (Proveedor)	* —> 1	Proveedores (Proveedor)	Activo	...	
<input type="checkbox"/> Salidas (Código del producto)	* —> 1	Productos (codigo_producto)	Activo	...	
<input type="checkbox"/> Salidas (Marca)	* —> 1	Marcas (Marca)	Activo	...	

Ilustración 5 Relaciones activas del modelo de datos en Power BI

- Salidas (Marca) se relaciona con Marcas para medir el consumo de materiales por cada marca exportada.

Este esquema garantiza que las tablas interactúen de forma coherente y que los indicadores DAX puedan filtrar y cruzar información de manera precisa.

### **2.3 Creación de indicadores clave (DAX)**

Con el modelo de datos listo en Power BI, se desarrollaron indicadores en lenguaje DAX para transformar la información en métricas accionables. Estos indicadores se agruparon según las necesidades estratégicas de la empresa y están enfocados en comparar precios entre proveedores y monitorear el consumo de cartones a lo largo del tiempo, ya que son los aspectos más críticos para el control de costos y la planificación. (*Todos los DAX utilizados se encuentran en los anexos, en la Figura 1.*)

#### **Comparativa de precios entre proveedores**

Este indicador calcula el costo unitario promedio de cada proveedor para un producto específico. De esta forma, cuando en el panel se filtra un material (por ejemplo, “TAPA” o “FONDO”), la medida devuelve el precio medio pagado a cada proveedor que lo suministra.

#### **Ejemplo de medida DAX:**

Costo Promedio por Proveedor (Producto Seleccionado) =

```
CALCULATE (  
    AVERAGE ( Entradas[Costo Unitario] ),  
    TREATAS ( VALUES ( Salidas[Código del producto] ), Entradas[Código del producto] )  
)
```

#### **Valor para la empresa:**

- Permite detectar rápidamente si un proveedor está cobrando más caro que otros por el mismo producto.
- Facilita negociaciones basadas en datos históricos, sustentando pedidos de reducción de precio o cambio de proveedor.
- Ayuda a proyectar costos más ajustados en base a los proveedores más competitivos.

#### **Cartones despachados por semana**

Este indicador calcula la cantidad total de cartones utilizados en los despachos por semana. Para ello, se filtran los productos que son cartón mediante la columna `es_carton` generada en el preprocesamiento.

#### **Ejemplo de medida DAX:**

Cajas Cartón por Semana =

```
CALCULATE (  
    SUM ( Salidas[Cantidad] ),  
    Salidas[es_carton] = TRUE()  
)
```

## Valor para la empresa:

- Permite visualizar el comportamiento semanal del consumo de cartón.
- Identifica semanas con uso atípico, lo que puede indicar problemas en planificación o desperdicio.
- Facilita la alineación del consumo de materiales con la exportación de cajas.

## 2.4 Diseño de visualizaciones

El diseño del dashboard en Power BI se realizó con el objetivo de que los usuarios pudieran interpretar los datos de manera rápida, clara y valiosa en el proceso de decisión. Las visualizaciones se organizaron estratégicamente para facilitar la toma de decisiones:

- **KPIs superiores:**

En la parte superior del panel se ubicaron tres indicadores clave que resumen la situación general en un solo vistazo:

- **% de marca exportada** → Permite medir la proporción de despachos correspondientes a cada marca en relación con el total, identificando concentraciones excesivas o desequilibrios que puedan afectar la distribución de recursos y la planificación *operativa*.

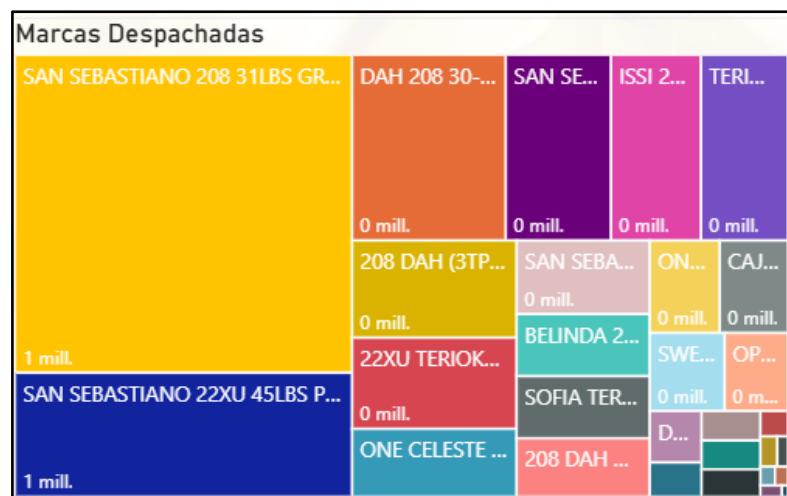


Ilustración 6 Distribución de marcas despachadas en Power BI

- **Costo por contenedor:** permite conocer el costo promedio asociado a un contenedor, relacionando costos totales con capacidad logística.



*Ilustración 7 Indicador de costo por contenedor en el dashboard de Power BI*

- **Productos usados por marca →** Este indicador permite identificar variaciones en la cantidad de productos empleados en la elaboración de las cajas de una marca, sirviendo como alerta ante cambios que puedan impactar el control de materiales y la planificación de producción.



*Ilustración 8 Indicador de productos usados en el dashboard de Power BI*

Estos KPIs actúan como “alertas rápidas” para identificar desviaciones sin necesidad de entrar en análisis detallados.

- **Gráficos de tendencia – Consumo semanal por marca:**

Representan la evolución del consumo de materiales (especialmente cartones) a lo largo del tiempo, filtrado por marca. Esto ayuda a identificar patrones de demanda, temporadas altas y posibles picos anormales.

Valor para la empresa: permite ajustar la planificación de compras y producción en función de la demanda real.

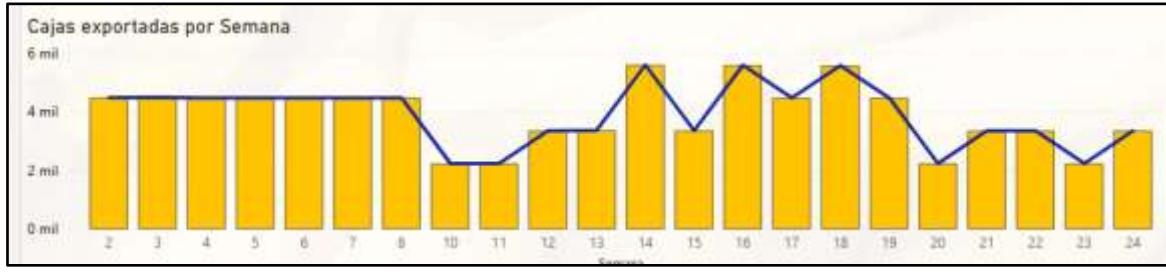


Ilustración 9 Cajas exportadas por semana en el periodo de análisis

- **Tablas dinámicas – Costos por proveedor y tipo de material:**

Permiten comparar, en tiempo real, los precios de diferentes proveedores para el mismo producto y evaluar cómo estos costos evolucionan a lo largo del tiempo. Valor para la empresa: soporte directo a negociaciones y selección de proveedores más competitivos.

Proveedor de material chico	Valor unitario
ANDALUCIA CIA. LTDA.	\$0,05
LOUSIPE S.A.	\$0,05
PLASTIVILL S.A	\$0,17
NOVOFLEX S.A	\$0,27
GRUPASA GRUPO PAPELERO CIA.LTDA.	\$0,43
Total	\$0,43

Ilustración 10 Proveedores de material chico y valor unitario

Con esto nos ayuda a la detección temprana de problemas que pueden generar sobrecostos.

### 3. Contribución de los datos e indicadores

Cada uno de los indicadores implementados tiene un propósito específico alineado con los problemas identificados en el diagnóstico inicial:

- **% de cartón sobre total →** Permite evaluar si el uso de cartón está dentro de los límites esperados, evitando sobreconsumo que afecte la rentabilidad.
- **Costo unitario promedio por proveedor →** Facilita la comparación de precios entre proveedores, permitiendo renegociar contratos o buscar alternativas más económicas.

- **Correspondencia proveedor-marca** → Garantiza que los materiales comprados a cada proveedor se asignen correctamente a las marcas, evitando errores de trazabilidad.
- **Contenedores por TAPA** → Relaciona el consumo de cartones con la capacidad de carga real, optimizando la logística y reduciendo costos por contenedor.

Estos datos no solo controlan gastos, sino que fortalecen la trazabilidad, mejoran la planificación y respaldan decisiones estratégicas con información objetiva.

#### **4. Validación con usuarios**

Antes del despliegue definitivo, se realizó una **prueba piloto** con usuarios clave de las áreas de control interno, compras y bodega. El objetivo fue evaluar la facilidad de uso, la claridad de los indicadores y la utilidad de la información para sus funciones diarias.

##### **Principales resultados del piloto:**

- **Observaciones incorporadas:**
  - Ajustes en la nomenclatura de campos para hacerlos más comprensibles.
  - Reordenamiento de las visualizaciones para priorizar las más consultadas.
  - Cambio de paleta de colores para mejorar la lectura de gráficos y alertas.
- **Evaluación con encuesta tipo Likert:** los usuarios valoraron positivamente la utilidad, facilidad de uso y presentación del dashboard. (*en la parte de anexo la Figura 2 se presentan las preguntas de la encuesta y en la Figura 3 se ilustran los resultados obtenidos.*)

## 5. Análisis costo–beneficio

### Objetivo

Estudiar la relación entre la inversión realizada y la implementación del sistema de monitoreo y control de costos operativos, y los beneficios tangibles e intangibles obtenidos para la empresa.

#### 5.1 Costos del proyecto

##### Costos directos:

- Adquisición o ampliación de licencias de Power BI.
- Costo por hora de \$25 para desarrollo en Python y modelado en Power BI.

Etapa	Actividades	Tiempo estimado
<b>Conexión y modelado de datos</b>	Conectar Power BI con los archivos/BD generados en Python, crear modelo relacional.	4–5 horas
<b>Creación de medidas y KPIs</b>	DAX para costo por caja, costo por contenedor, recuento de despachos, etc.	5–6 horas
<b>Diseño de visualizaciones</b>	Tablas, treemap, cards, líneas, filtros y segmentadores.	7–8 horas

<b>Ajustes y validación</b>	Revisión con el área usuaria, pruebas de filtros, ajuste de formato.	4–5 horas
-----------------------------	--	-----------

**Total, estimado:** 24 horas de trabajo efectivo

#### **Costos indirectos:**

- Tiempo invertido por personal operativo en validación de datos.
- Ajustes iniciales de procesos internos para la integración del sistema.

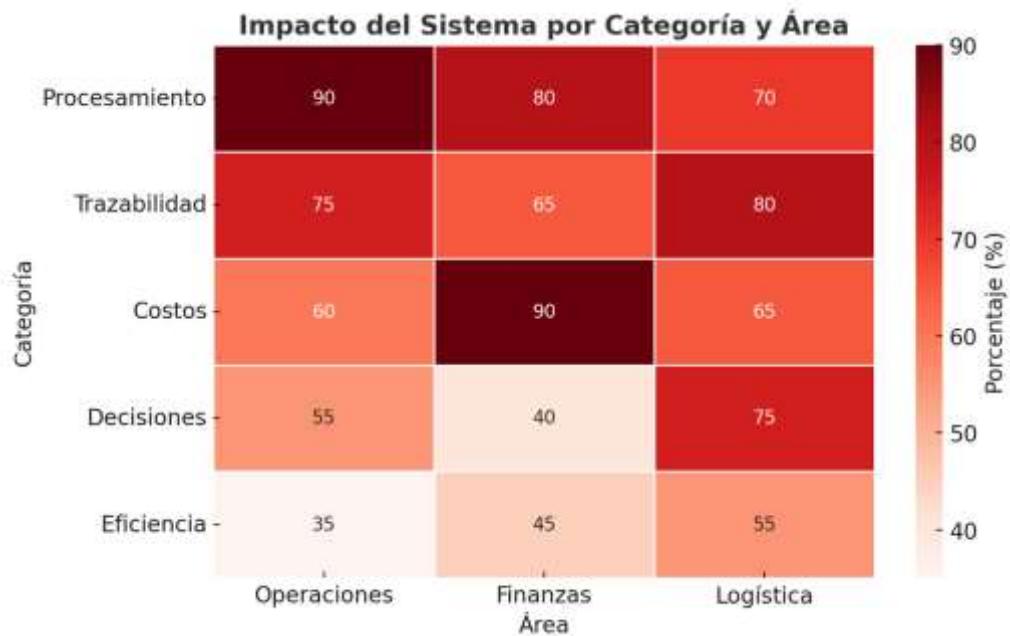
#### **5.2 Beneficios obtenidos**

##### **Tangibles:**

- Reducción estimada de costos en la compra de materiales gracias a comparativa entre proveedores.
- Optimización en la planificación logística mediante seguimiento semanal de consumo de cartones.
- Mejor control en la adquisición de inventarios gracias a la trazabilidad y visualización de la información, reduciendo el riesgo de generar inventario excedente.

##### **Intangibles:**

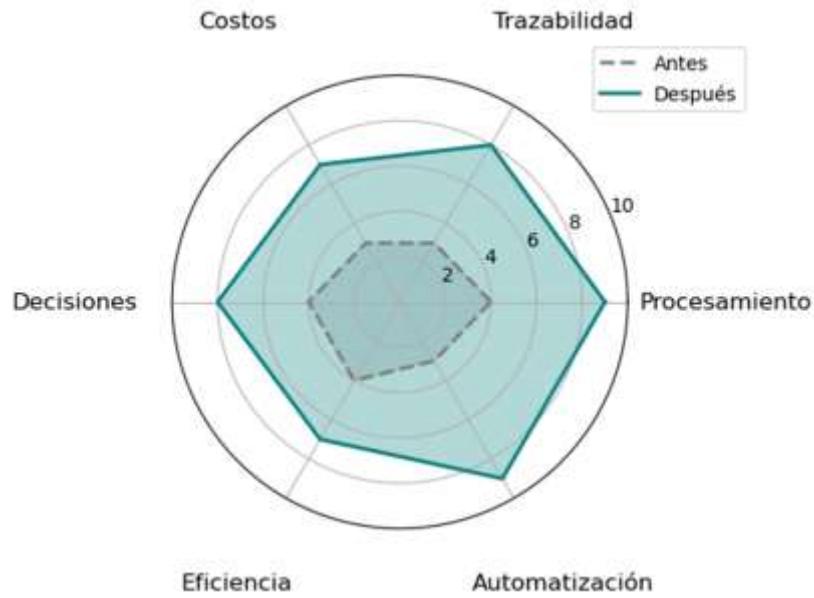
- Mayor transparencia en la asignación de costos por marca y proveedor.
- Incremento en la satisfacción del personal administrativo por acceso rápido a información clave.



*Ilustración 11 Impacto del sistema por categoría y área en porcentaje*

### 5.3 Indicadores de retorno

- **Mejora en Procesamiento:** reducción del tiempo requerido para consolidar y analizar la información, reflejada en un incremento sustancial frente a la situación inicial.
- **Incremento en Trazabilidad:** mayor control y seguimiento de los materiales a lo largo del proceso logístico, lo que fortalece la transparencia de la operación.
- **Optimización de Costos:** identificación de proveedores más competitivos y reducción de gastos asociados a insumos clave.
- **Agilidad en la Toma de Decisiones:** acceso oportuno a indicadores clave que permiten actuar con mayor rapidez y precisión.
- **Eficiencia y Automatización:** disminución del esfuerzo manual en tareas repetitivas, permitiendo dedicar más tiempo a actividades de valor agregado.



*Ilustración 12 Comparación del impacto del sistema antes y después de su implementación*

- **ROI (Retorno sobre la inversión):**

$$ROI = \frac{\text{Beneficios netos proyectados}}{\text{Costo total del proyecto}} \times 100$$

*Ecuación 1 Cálculo del ROI en función de beneficios netos proyectados y costos*

Donde los beneficios netos consideran tanto los ahorros tangibles como el valor monetizado del tiempo ahorrado.



*Ilustración 13 Proyección anual de ahorro acumulado en USD*

El sistema desarrollado permite anticipar las necesidades de compra de materiales de exportación con base al consumo histórico que muestra el dashboard y las estimaciones semanales de exportación. De esta forma, se evitan adquisiciones innecesarias o excesivas, optimizando el presupuesto mensual y reduciendo el riesgo de sobrestock.

#### 5.4 Conclusión del análisis

El análisis costo beneficio evidencia que la solución de introducción del sistema destinado al monitoreo y control de costos operativos basado en Power BI y Python representa una solución altamente rentable para la empresa. La puesta en marcha del dashboard requirió únicamente costos directos asociados a la adquisición de licencias de Power BI, al modelado del mismo y al desarrollo en Python. Lo que hace que el proyecto se considere de bajo costo, ya que la inversión principal corresponde al tiempo del personal destinado al levantamiento de requerimientos, depuración de datos y validación de resultados, lo que resalta su eficiencia y rentabilidad.

En contrapartida, los beneficios alcanzados son sustanciales. Desde una perspectiva tangible, la reducción en los sobrecostos de compras, la optimización de la logística y la disminución de errores administrativos se traducen en ahorros recurrentes que se acumulan mes a mes, generando un impacto positivo sostenido en la rentabilidad. Estos beneficios se complementan con mejoras intangibles, como una mayor transparencia en la asignación de costos y una experiencia de usuario mejorada para el personal administrativo.

La relación costo beneficio estimada demuestra que los beneficios proyectados superan con creces los costos iniciales en un plazo inferior a un año. Además, el sistema establece una base escalable para futuras mejoras, incluyendo la automatización de la actualización de datos y la integración de nuevos indicadores de control. En conjunto, estos resultados confirman que la solución no solo resuelve de forma eficiente la necesidad inicial de control y trazabilidad de los materiales de exportación, sino que también sienta las bases para un modelo de gestión de costos más proactivo y estratégico.

## Conclusiones

El presente proyecto demostró que la adopción de un sistema para monitorear y controlar los costos operativos apoyado en el análisis de datos con Python y la visualización interactiva en Power BI constituye una herramienta eficaz y adaptable para el sector exportador de banano. A partir del diagnóstico inicial y la comprensión del proceso de negocio, se identificaron los puntos críticos en la gestión de materiales de exportación, destacando la necesidad de mejorar la trazabilidad, la estandarización de datos y la eficiencia en la generación de reportes.

La solución desarrollada, fundamentada en el marco metodológico CRISP-DM, permitió depurar y unificar datos provenientes de distintas fuentes, asegurando consistencia y

confiabilidad. El modelado en Power BI integró indicadores claves clasificados por eficiencia, trazabilidad y costos, facilitando el análisis cruzado entre marcas, proveedores y períodos de tiempo. Asimismo, se estableció una base escalable que puede incorporar nuevos indicadores y automatizar la actualización de datos en fases posteriores.

El análisis costo beneficio evidenció que la implementación del dashboard genera beneficios tangibles, como la reducción de sobrecostos en compras y la optimización logística, así como beneficios intangibles. Al no requerir inversiones significativas en licencias o infraestructura, se prevé que la inversión se recupere en menos de un año, con un impacto positivo sostenido en la gestión operativa.

En términos estratégicos, la herramienta proporciona a la empresa una ventaja competitiva al permitir un control proactivo de los recursos, agilizar los procesos internos y anticipar desviaciones. De esta manera, se fortalece la capacidad de planificación y uso de información histórica para la toma de decisiones, favoreciendo la sostenibilidad y eficiencia en la exportación.

## **Recomendaciones**

Luego del desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos, se plantean las siguientes recomendaciones para asegurar una gestión adecuada de los materiales de exportación y maximizar el beneficio del sistema implementado:

- Implementar revisiones periódicas, preferiblemente semanalmente, para validar la coherencia entre el consumo registrado en el dashboard y las cajas exportadas. Esto permitiría detectar oportunamente desviaciones o falta de registro de datos.
- Promover una mayor capacitación del personal de bodega y compras en el uso del dashboard, asegurando que comprendan cómo interpretar los indicadores y aplicar esta información en la toma de decisiones.
- Fomentar una comunicación más fluida y constante entre las áreas de compras, bodega y exportaciones, garantizando que la información sobre consultas o necesidades se comparta de forma oportuna y transparente, mediante un canal digital común que facilite el seguimiento y la respuesta rápida.
- Considerar, a futuro, la integración del sistema digital desarrollado con otras plataformas de la empresa (ERP) para mejorar la información mostrada, minimizando así errores y tiempo de procesamiento.

Para concluir, estas recomendaciones apuntan a mantener y potenciar los beneficios alcanzados con la implementación del sistema digital, promoviendo un control más eficiente del inventario de materiales, una reducción sostenible de sobrecostos y una mejora continua en la planificación logística de la empresa exportadora.

## Referencias Bibliográficas

A.A. Nugraha, Darsono Darsono, & S. Marwanti. (2023). Analysis of indonesian banana export performance in major export destination countries. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences (Print)*, 5(2), 127–136.

<https://doi.org/10.21608/svuijas.2023.219439.1294>

Bebber, D. P. (2022). The long road to a sustainable banana trade. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 5(5). <https://doi.org/10.1002/ppp3.10331>

Mrinmoy Aich, et al.(2025). The Future of Supply Chain Automation: How AI and Cloud Integration Are Transforming Logistics. *International Journal for Multidisciplinary Research*, vol. 7, no. 2. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i02.38601>.

Borysov, Yevheniy, and Inesa Shepel. (2025). DIGITAL TRANSFORMATION of ENTERPRISES USING ERP, CRM, and BPM.. *Pryazovskyi Economic Herald*, no. 1(41). <https://doi.org/10.32782/2522-4263/2025-1-1>.

Chukwuma-Eke, Ezinne C, et al. (2025) Conceptualizing Digital Financial Tools and Strategies for Effective Budget Management in the Oil and Gas Sector. *International Journal of Management and Organizational Research*, vol. 2, no. 1, 2023, pp. 230–246.

<https://doi.org/10.54660/ijmor.2023.2.1.230-246>.

Druzhynin, M., MalykhinaO., Herhi, M., Katsiuba, I., Kyryk, Y., & Yuitao, W. (2025). BASIC FUNCTIONALITIES OF CONSTRUCTION ORGANIZATION AND MANAGEMENT IN THE CONCEPT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF ENTERPRISES' OPERATIONAL SYSTEMS. *Building Production*, (78), 22–29.

<https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.22-29>.

## Anexos

Figura 1

```
1 % de Cartón por Tipo =
2 VAR total =
3     CALCULATE(
4         SUM(Salidas[Cantidad]),
5         FILTER(Salidas, Salidas[es_carton] <> "Otro")
6     )
7 RETURN
8     DIVIDE(
9         CALCULATE(
10            SUM(Salidas[Cantidad])
11        ),
12        total
13    )
14
15 % de Uso Por Marca =
16 DIVIDE(
17     COUNTROWS(Salidas),
18     CALCULATE(
19         COUNTROWS(Salidas),
20         ALL(Salidas[Marca])
21     ),
22     0
23 )
24
25 % Uso por Marca (solo cartón) =
26 VAR Num =
27     CALCULATE( SUM(Salidas[Cantidad]), Salidas[es_carton] = TRUE() )
28 VAR Den =
29     CALCULATE(
30         SUM(Salidas[Cantidad]),
31         Salidas[es_carton] = TRUE(),
32         ALLEXCEPT(Salidas, Salidas[Marca])
33     )
34
35 RETURN DIVIDE(Num, Den, 0)
```

```
1 Cajas (TAPA) =
2 CALCULATE(
3     SUM(Salidas[Cantidad]),
4     KEEPFILTERS(
5         FILTER(
6             Salidas,
7             CONTAINSSTRING( UPPER(Salidas[Nombre del producto]), "TAPA" )
8         )
9     )
10 )
```

```
1 Contenedores (Marca, 1100) =
2 DIVIDE( [Cajas (TAPA)], 1100, 0 )
1 Costo Packaging Total (Prov) =
2 VAR t = [Valor Unitario TAPA (Prov)]
3 VAR f = [Valor Unitario FONDO (Prov)]
4 VAR p = [Valor Unitario PAD (Prov)]
5 VAR total = COALESCE(t,0) + COALESCE(f,0) + COALESCE(p,0)
6 RETURN IF( ISBLANK(t) && ISBLANK(f) && ISBLANK(p), BLANK(), total )
```

```
1 Costo por Contenedor =
2 VAR cont = [Contenedores (Marca, 1100)]
3 RETURN DIVIDE( [Costo Total Marca], cont, BLANK() )
1 Costo Promedio = AVERAGEX(
2     VALUES(Entradas[Proveedor]),
3     CALCULATE(AVERAGE(Entradas[Costo Unitario]))
4 )
```

```
1 Costo Promedio Carton Seleccionado =
2 CALCULATE(
3     AVERAGE('Entradas'[Costo Unitario]),
4     FILTER(
5         'Entradas',
6         'Entradas'[es_carton] = TRUE()
7     )
8 )
```

```
1 Costo Total / Cartón =
2 DIVIDE( [Total costo de entregas], [Cantidad Cartones Despachados], 0 )
```

```
1 Costo Total Marca = SUM(Salidas[Valor])
```

```

1 Productos Carton Filtrados EMS =
2 CALCULATETABLE (
3     VALUES( Salidas[Nombre del producto] ),
4     Salidas[es_carton] = "Cartón"
5 )
1 Recuento Despachos = COUNT(Salidas[Valor])
2
1 Total costo de entregas = SUM(Salidas[Valor])
2

1 Valor Unitario FONDO (Prov) =
2 VAR NombresFONDO =
3     CALCULATETABLE(
4         VALUES( Salidas[Nombre del producto] ),
5         FILTER( Salidas, CONTAINSSTRING( UPPER(Salidas[Nombre del producto]), "FONDO" ) )
6     )
7 RETURN
8 CALCULATE(
9     AVERAGE( Entradas[Costo Unitario] ),
10    TREATAS( NombresFONDO, Entradas[Nombre del producto] )
11 )
1 Valor Unitario PAD (Prov) =
2 VAR NombresPAD =
3     CALCULATETABLE(
4         VALUES( Salidas[Nombre del producto] ),
5         FILTER( Salidas, CONTAINSSTRING( UPPER(Salidas[Nombre del producto]), "PAD" ) )
6     )
7 RETURN
8 CALCULATE(
9     AVERAGE( Entradas[Costo Unitario] ),
10    TREATAS( NombresPAD, Entradas[Nombre del producto] )
11 )
1 Valor Unitario TAPA (Prov) =
2 VAR NombresTAPA =
3     CALCULATETABLE(
4         VALUES( Salidas[Nombre del producto] ),
5         FILTER( Salidas, CONTAINSSTRING( UPPER(Salidas[Nombre del producto]), "TAPA" ) )
6     )
7 RETURN
8 CALCULATE(
9     AVERAGE( Entradas[Costo Unitario] ),
10    TREATAS( NombresTAPA, Entradas[Nombre del producto] )
11 )

```

```

1 Productos =
2 DISTINCT(
3   UNION(
4     SELECTCOLUMNS(Entradas, "codigo_producto", Entradas[Código del producto]),
5     SELECTCOLUMNS(Salidas, "codigo_producto", Salidas[Código del producto])
6   )
7 )

1 Productos Carton Por Marca =
2 CALCULATETABLE(
3   VALUES(Salidas[Nombre del producto]),
4   Salidas[es_carton] = TRUE()
5 )

1 Cantidad Cartones Despachados =
2 CALCULATE(
3   SUM('Salidas'[Cantidad]),
4   FILTER('Salidas', 'Salidas'[es_carton] = TRUE())
5 )

1 CU Último (Prov, Prod Seleccionado) =
2 VAR ProdSel = VALUES(Salidas[Nombre del producto])
3 VAR FechaUltima =
4   CALCULATE(
5     MAX(Entradas[Fecha]),
6     TREATAS( ProdSel, Entradas[Nombre del producto] )
7   )
8 RETURN
9 CALCULATE(
10   AVERAGE(Entradas[Costo Unitario]),
11   TREATAS( ProdSel, Entradas[Nombre del producto] ),
12   FILTER( ALL(Entradas[Fecha]), Entradas[Fecha] = FechaUltima )
13 )
es_carton =
IF (
  SEARCH("TAPA", 'Salidas'[Nombre del producto], 1, 0) > 0
  || SEARCH("BANDEJA", 'Salidas'[Nombre del producto], 1, 0),
  TRUE()
)
1 Productos usados = DISTINCTCOUNT(Salidas[Código del producto])

```

```
1 Tapas Despachadas =
2 CALCULATE(
3     SUM(Salidas[Cantidad]),
4     FILTER(Salidas, CONTAINSSTRING(Salidas[Nombre del producto], "TAPA"))
5 )
1 Uso Por Marca (%) =
2 VAR CantidadMarca = SUM(Salidas[Cantidad])
3 VAR CantidadTotal = CALCULATE(SUM(Salidas[Cantidad]), ALLEXCEPT(Salidas, Salidas[Código del producto]))
4 RETURN DIVIDE(CantidadMarca, CantidadTotal)
1 Cantidad Cartones Ingresados =
2 CALCULATE(
3     SUM('Entradas'[Cantidad]),
4     FILTER('Entradas', 'Entradas'[es_carton] = "Cartón")
5 )
1 Calendario =
2 ADDCOLUMNS(
3     CALENDAR(MIN(Salidas[Fecha]), MAX(Salidas[Fecha])),
4     "Año", YEAR([Date]),
5     "Mes", FORMAT([Date], "MMMM"),
6     "NúmeroMes", MONTH([Date]),
7     "Día", DAY([Date]),
8     "Semana", WEEKNUM([Date], 2),
9     "SemanaFormatteada", FORMAT([Date], "YYYY") & "-" & FORMAT(WEEKNUM([Date], 2), "00")
10 )
```

**Figura 2**

## Evaluación del Impacto del Dashboard en la Gestión de Costos Operativos

### Instrucciones:

A continuación encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con el uso del dashboard. Para cada una, indique su nivel de acuerdo en una escala Likert de 1 a 5, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

Nombre \*

Your answer

El sistema ha mejorado el **procesamiento de la información**, permitiéndome obtener resultados más rápidos y confiables.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

La implementación del dashboard ha fortalecido la **trazabilidad de los datos**, facilitando el seguimiento de materiales y costos.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Considero que el sistema ha contribuido a **reducir costos** operativos mediante un control más preciso.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

El uso del dashboard ha facilitado la **toma de decisiones**, brindando información clara y oportuna.

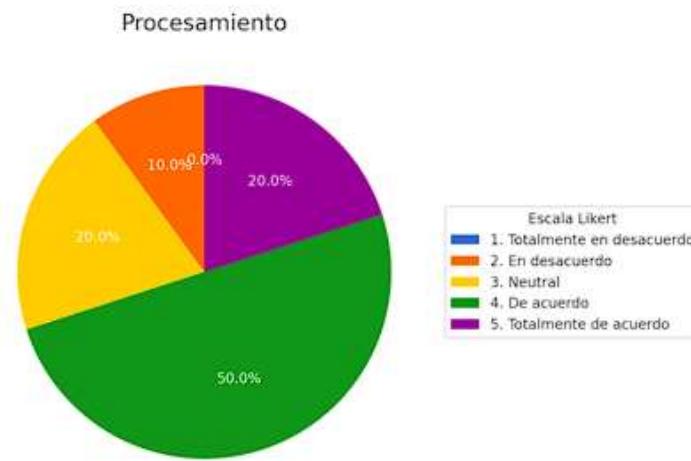
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

La herramienta ha incrementado mi **eficiencia y nivel de automatización** en las tareas diarias.

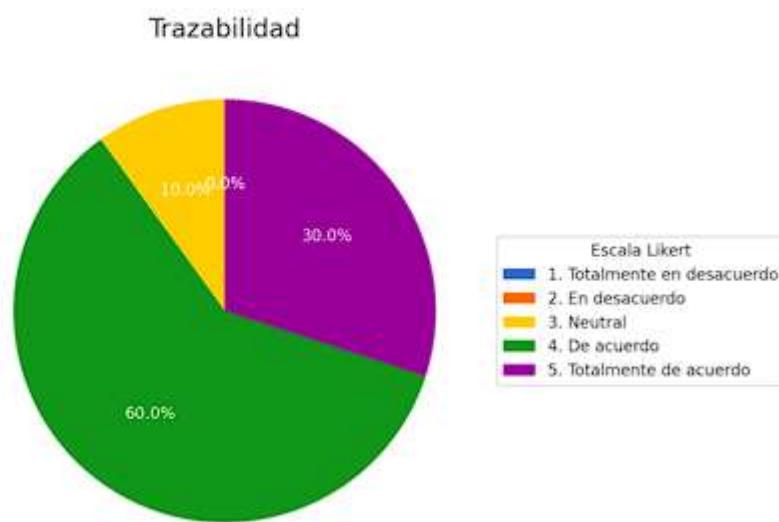
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**Figura 3**

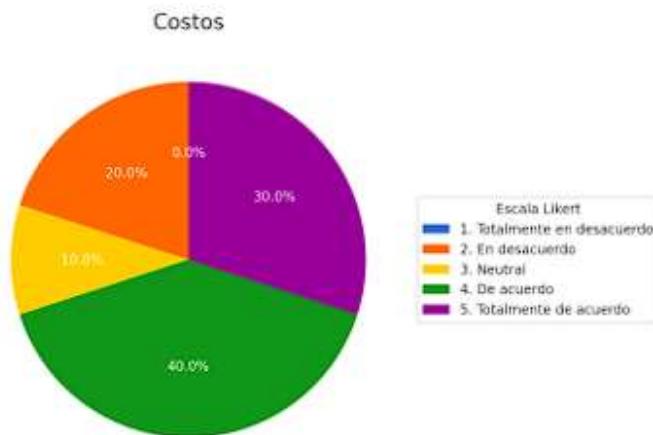
1.- El sistema ha mejorado el procesamiento de la información, permitiéndome obtener resultados más rápidos y confiables.



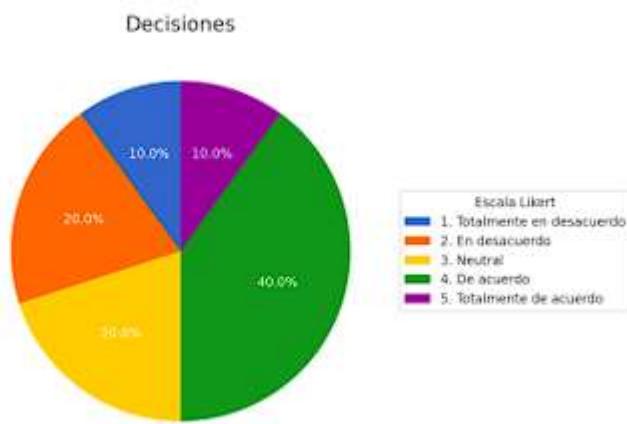
2.- La implementación del dashboard ha fortalecido la trazabilidad de los datos, facilitando el seguimiento de materiales y costos.



3.- Considero que el sistema ha contribuido a reducir costos operativos mediante un control más preciso.



4.- El uso del dashboard ha facilitado la toma de decisiones, brindando información clara y oportuna.



5.- La herramienta ha incrementado mi eficiencia y nivel de automatización en las tareas diarias.

Eficiencia y Automatizacion

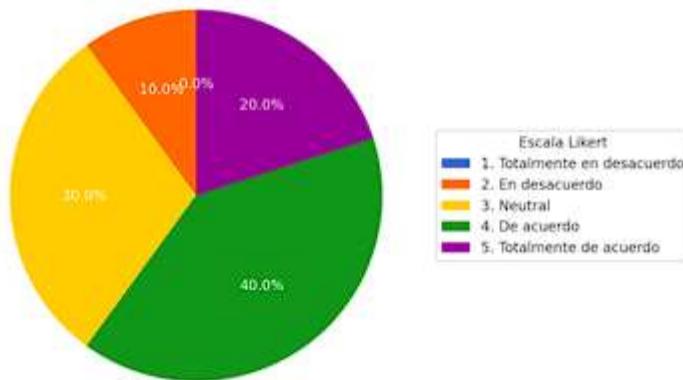
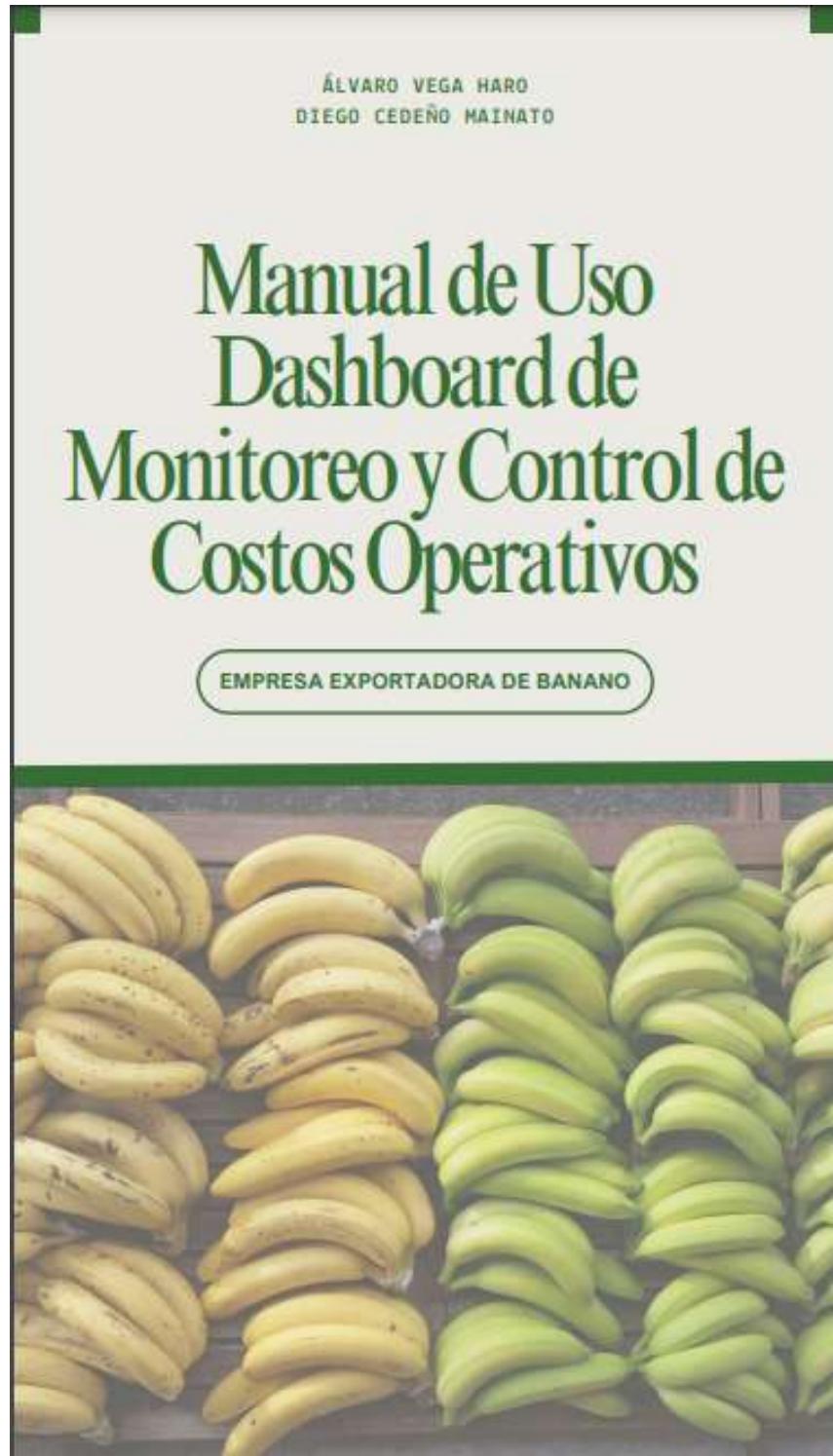


Figura 4



# 1. Introducción

El presente manual tiene como objetivo guiar a los colaboradores de la empresa en el uso del dashboard desarrollado en Power BI para el control y monitoreo de los costos operativos asociados a la exportación de banano. Esta herramienta consolida información proveniente de hojas compartidas en la nube, procesada mediante Python y visualizada en Power BI, permitiendo obtener indicadores confiables, oportunos y dinámicos para la toma de decisiones.



## 2. Acceso al Dashboard

EL ARCHIVO DEL DASHBOARD SE ENCUENTRA EN LA CARPETA COMPARTIDA DE LA EMPRESA BAJO EL NOMBRE "DASHBOARD\_COSTOS.PBIX".

### PARA ACCEDER:

- INICIE SESIÓN EN SU EQUIPO CON USUARIO CORPORATIVO.
- ABRA POWER BI DESKTOP.
- DIRÍJASE A LA CARPETA COMPARTIDA Y SELECCIONE EL ARCHIVO.
- HAGA CLIC EN ACTUALIZAR PARA CARGAR LOS DATOS MÁS RECIENTES.



## 3. Modelo de Datos



Tabla origen	Tabla destino	Campo de relación	Descripción
Almacén	Productos	Código del producto	Identifica los artículos adquiridos en función del producto.
Soldar	Productos	Código del producto	Vincula los registros de exportación con el catálogo de productos.
Almacén	Proveedores	Proveedor	Relaciona las compras con el proveedor correspondiente.
Soldar	Marcas	Marca	Conecta las exportaciones con la marca exportadora.
Soldar	Calendario	Fecha (enunciado)	Permite análisis temporales separados.

ESTE MODELO GARANTIZA CONSISTENCIA Y COHERENCIA EN LOS ANÁLISIS.



## 4. Secciones del Dashboard

**4.1 Indicadores Clave**  
En la parte superior se muestran los KPIs principales:

- COSTO TOTAL DE MATERIALES.
- NÚMERO DE CAJAS EXPORTADAS.
- COSTO PROMEDIO POR CONTENEDOR.
- COSTO POR CAJA.
- NÚMERO TOTAL DE DESPACHOS.

**4.2 Tablas de Proveedores**  
En el costado izquierdo:

- COSTO UNITARIO DE CARTONES (TAPA, FONDO, PAD).
- COSTO DE MATERIALES ADICIONALES.
- TOTALES Y PROMEDIOS POR PROVEEDOR

## 4. Secciones del Dashboard

### 4.3 Visualizaciones Interactivas

EN LA ZONA CENTRAL:

- DISTRIBUCIÓN DE MARCAS DESPACHADAS (GRÁFICO MOSAICO).
- CAJAS EXPORTADAS POR SEMANA (GRÁFICO COMBINADO DE BARRAS Y LÍNEA).

### 4.4 Panel de Filtros

- EN EL LADO DERECHO:
- SELECCIÓN DE SEMANA.
- SELECCIÓN DE MARCA.
- SELECCIÓN DE MATERIALES.

## 5. Navegación y Uso

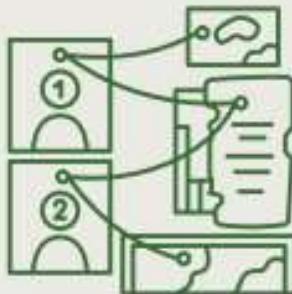
- SELECCIONE UNO O MÁS FILTROS (SEMANA, MARCA, MATERIAL).
- OBSERVE CÓMO SE ACTUALIZAN TODOS LOS GRÁFICOS Y TABLAS DINÁMICAMENTE.
- COMPARE PROVEEDORES PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE AHORRO.
- DETECTE PICOS INUSUALES DE CONSUMO PARA IDENTIFICAR DESPERDICIOS O ERRORES.
- ANALICE LA PARTICIPACIÓN DE CADA MARCA EN LOS COSTOS OPERATIVOS.

## 6. Buenas Prácticas

- ACTUALICE LOS DATOS ANTES DE INICIAR CUALQUIER ANÁLISIS.
- NO MODIFIQUE RELACIONES NI MEDIDAS DAX DEL MODELO.
- SI DETECTA ERRORES, VERIFIQUE PRIMERO LA HOJA DE DATOS COMPARTIDA EN LA NUBE.
- EXPORTE REPORTES EN PDF O EXCEL PARA PRESENTACIONES EXTERNAS.



## 7. Casos de Uso Típicos



- Comparar precios entre proveedores.
- Monitorear consumo de cartones y planificar reposiciones.
- Calcular costos unitarios y por contenedor.
- Evaluar la eficiencia operativa y la rentabilidad de la exportación.



## 8. Soporte



EN CASO DE DUDAS O INCONVENIENTES:



PARA INCONSISTENCIAS EN LOS DATOS  
→ ÁREA DE ADMINISTRACIÓN Y COSTOS.



PARA PROBLEMAS TÉCNICOS EN POWER BI  
→ ÁREA DE SISTEMAS.



PARA AJUSTES O MEJORAS DEL MODELO  
→ CONTACTAR AL DESARROLLADOR  
RESPONSABLE.





"CADA DATO CUENTA, CADA  
DECISIÓN IMPORTA. ESTE  
DASHBOARD ESTÁ DISEÑADO  
PARA TRANSFORMAR LA  
INFORMACIÓN EN VALOR,  
IMPULSANDO UN FUTURO MÁS  
EFICIENTE Y COMPETITIVO  
PARA NUESTRA EMPRESA."