



## **PROYECTO**

# **IMPLEMENTACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ECOLEATHER PARA LA DETECCIÓN DE DEFECTOS EN PIEL**

## **P R E S E N T A**

Johan Pichardo García  
Rafael Yairjafeth Rojas Nieves  
Samuel Hiram Medina Castañeda  
Luz María Feregrino Martínez

**Agosto 2024**

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. IMPLEMENTACIÓN DE IA EN ECOLEATHER PARA LA DETECCIÓN DE DEFECTOS EN PIEL.....</b>	<b>3</b>
1.1. Empresa Simulada: .....	3
1.2. Sector .....	3
1.3. Descripción.....	3
<b>2. Minería de Datos (Dataset) .....</b>	<b>4</b>
2.1. Descripción General del Dataset: .....	4
2.1.1. Preparación del Dataset: .....	7
<b>3. Identificación de Soluciones de IA y ML .....</b>	<b>9</b>
3.1. Análisis de Procesos y Necesidades del Cliente.....	9
3.1.1. Soluciones de IA y ML Identificadas.....	9
3.2. Plan de Implementación y Evaluación .....	10
<b>4. Desarrollo de un Algoritmo .....</b>	<b>12</b>
4.1. Plataforma .....	12
4.2. Tipo de Algoritmo.....	12
4.3. Lectura de datos .....	12
4.4. Limpieza y preparación de datos .....	14
4.5. Normalización y transformación de datos .....	15
4.6. Modelo de aprendizaje de clasificación.....	16
4.7. Métricas y evaluaciones.....	20
4.8. Salida del Modelo .....	20
4.9. Visualización de datos .....	21
<b>5. Desarrollo del Plan Estratégico .....</b>	<b>24</b>
5.1. Objetivos a Corto Plazo: .....	24
5.2. Objetivos a Mediano Plazo: .....	25
5.3. Objetivos a Largo Plazo: .....	25
5.4. Descripción de las Soluciones .....	25
5.5. Resultados del Algoritmo .....	26
5.6. Obstáculos y Desafíos .....	26
5.7. Problema: Integración con Sistemas Existentes .....	27

5.8. Justificación del Presupuesto .....	29
5.9. Cronograma de Implementación.....	31
5.10. Observaciones y Mejoras Propuestas.....	33
5.10.1. Áreas de Mejora .....	34
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>35</b>

# INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más consciente de la sostenibilidad y la calidad, la industria de la moda y la automoción busca constantemente innovar. EcoLeather, una empresa líder en el procesamiento de pieles de alta calidad, responde a esta demanda al explorar alternativas sostenibles como el cuero de cactus y el piñatex.

Sin embargo, garantizar la calidad de estos nuevos materiales, así como de las pieles tradicionales, representa un desafío constante. La detección manual de defectos es un proceso laborioso y propenso a errores humanos, lo que afecta tanto la eficiencia de la producción como la satisfacción del cliente.

Para abordar este problema, EcoLeather ha emprendido un ambicioso proyecto de implementación de inteligencia artificial (IA). A través del empleo de técnicas avanzadas de machine learning y visión por computadora, se busca desarrollar un sistema capaz de detectar automáticamente defectos en las pieles, mejorando significativamente la precisión y la velocidad de los procesos de inspección.

## **Los principales objetivos de este proyecto son:**

**Optimizar la calidad del producto:** Garantizar que todas las pieles cumplan con los más altos estándares de calidad, reduciendo el número de productos defectuosos que llegan al mercado.

**Aumentar la eficiencia operativa:** Reducir el tiempo de inspección y minimizar los errores humanos, lo que se traduce en una mayor productividad y menores costos.

**Fomentar la sostenibilidad:** Contribuir a la sostenibilidad de la industria de la moda y la automoción al adoptar tecnologías innovadoras y procesos más eficientes.

En este documento, se detallará el proceso de implementación de esta solución de IA, desde la preparación de los datos hasta el desarrollo y evaluación de los modelos. Además, se presentará un plan estratégico que incluye los objetivos a corto, mediano y largo plazo, así como un análisis detallado de los recursos necesarios y los desafíos a superar.

# 1. IMPLEMENTACIÓN DE IA EN ECOLEATHER PARA LA DETECCIÓN DE DEFECTOS EN PIEL

## 1.1. Empresa Simulada:

Tenería "EcoLeather"

## 1.2. Sector

Manufactura

## 1.3. Descripción

EcoLeather es una empresa manufacturera que se especializa en el procesamiento y tratamiento de pieles de alta calidad destinadas a la industria de la moda y automovilística. Sin embargo, consciente de las tendencias actuales y las demandas del mercado por productos más sostenibles, EcoLeather ha expandido su línea de productos para incluir alternativas innovadoras a la piel tradicional. Estos sustitutos de piel se dividen en dos categorías principales:

- 1. Materiales Derivados de Vegetales:** EcoLeather ha desarrollado y trabaja con materiales sostenibles como el cuero de cactus, el cuero de piña (Piñatex) y el cuero de hongos (mycelium). Estos materiales imitan la apariencia y la textura de la piel natural, pero con procesos de producción más ecológicos y éticos. Estos sustitutos vegetales son biodegradables y tienen una menor huella de carbono, lo que los convierte en opciones atractivas para consumidores conscientes del medio ambiente.
- 2. Materiales Sintéticos de Nueva Generación:** Además de los materiales vegetales, EcoLeather ha comenzado a incorporar sustitutos de piel sintéticos de alta tecnología, como el poliuretano ecológico (PU) y microfibras avanzadas. A diferencia de los sintéticos tradicionales, estos nuevos materiales están

diseñados para ser más duraderos y sostenibles, ofreciendo un rendimiento similar al de la piel natural, pero sin los problemas ambientales asociados con los plásticos convencionales.

Actualmente, la detección de defectos en las pieles y sus sustitutos se realiza de forma manual, lo que conlleva un riesgo elevado de errores humanos, afectando directamente la eficiencia de la cadena de producción y la calidad del producto final. La implementación de inteligencia artificial (IA) se presenta como una solución innovadora para mejorar la precisión y la eficiencia en la detección de defectos, tanto en pieles tradicionales como en estos nuevos materiales, permitiendo a EcoLeather mantener su reputación en un mercado altamente competitivo y en constante evolución.

## **2. Minería de Datos (Dataset)**

### **2.1. Descripción General del Dataset:**

El dataset de clasificación de defectos en cuero de Kaggle está diseñado para ayudar en la detección y clasificación de defectos en pieles a través de técnicas de minería de datos y aprendizaje automático. Este dataset puede ser utilizado para entrenar modelos de aprendizaje automático que clasifiquen defectos en cuero según el tipo y la severidad, así como para identificar patrones y correlaciones entre las características físicas del cuero y los defectos presentes. En este caso se extrae la información del dataset (imágenes) y se pasa a una base de datos tabular debido a no poder encontrar un dataset de este tipo. La información tabular permite aplicar técnicas de minería de datos como clasificación, regresión y clustering para mejorar la detección y el control de calidad en el proceso de manufactura, a continuación, se describen cada uno de los campos de la data set.

### **ID del Lote (integer)**

- **Descripción:** Un identificador único asignado a cada lote de pieles que se procesa. Este valor permite rastrear y gestionar cada lote desde su ingreso hasta su salida del proceso productivo.
- **Uso en el Análisis:** Es fundamental para correlacionar los resultados de la inspección con el lote específico, permitiendo un seguimiento preciso en caso de que se detecten defectos que requieran acciones correctivas.

### **Fecha de Inspección (Fecha)**

- **Descripción:** La fecha en que se realizó la inspección de calidad del lote. Esta información es crucial para llevar un control del tiempo de procesamiento y para identificar cualquier problema relacionado con el tiempo, como la frescura o el envejecimiento de las pieles.
- **Uso en el Análisis:** Permite identificar patrones temporales en la aparición de defectos o variaciones en la calidad, así como gestionar la programación y frecuencia de inspecciones.

### **Grosor (mm) (Double)**

- **Descripción:** El grosor de la piel medida en milímetros. Este es un parámetro clave que afecta la usabilidad de la piel en diferentes productos (como zapatos, bolsos, etc.).
- **Uso en el Análisis:** Se utiliza para clasificar las pieles según su grosor, lo que ayuda a determinar su idoneidad para distintos tipos de productos. Pieles fuera de los rangos aceptables podrían ser descartadas o reutilizadas para otros fines.

### **Flexibilidad (String)**

- **Descripción:** Clasificación de la flexibilidad de la piel, categorizada como "Alta", "Media", o "Baja". La flexibilidad es un atributo importante para determinar la calidad y el uso final de la piel.
- **Uso en el Análisis:** La flexibilidad se correlaciona con la aplicación del producto final. Por ejemplo, pieles con alta flexibilidad son ideales para productos que



requieren elasticidad, como ropa o bolsos, mientras que una flexibilidad baja podría ser más adecuada para artículos que necesitan mayor rigidez.

### **Color Consistencia (String)**

- **Descripción:** Indica si la piel tiene un color consistente a lo largo de toda su superficie ("Sí") o si hay variaciones visibles ("No").
- **Uso en el Análisis:** La consistencia del color es crucial para la estética de los productos finales. Las pieles con colores inconsistentes pueden ser relegadas a productos de menor valor o sometidas a procesos adicionales para corregir el color.

### **Manchas Presentes (String)**

- **Descripción:** Indica si hay manchas visibles en la piel ("Sí" o "No"). Las manchas pueden ser causadas por factores naturales o errores en el procesamiento.
- **Uso en el Análisis:** La presencia de manchas es un factor determinante en la clasificación de la calidad de la piel. Pieles con manchas visibles pueden no ser adecuadas para productos de alta calidad, afectando su valor comercial.

### **Cortes Presentes (String)**

- **Descripción:** Indica si hay cortes o rasgaduras en la piel ("Sí" o "No"). Estos defectos pueden afectar la integridad estructural de la piel y su idoneidad para ciertos productos.
- **Uso en el Análisis:** Los cortes son un defecto grave que normalmente descalifica la piel para ciertos productos, especialmente aquellos que requieren alta durabilidad. Pieles con cortes suelen ser recicladas o usadas en productos menos exigentes.

### **Defecto de Textura (Boolean)**

- **Descripción:** Indica si hay imperfecciones en la textura de la piel, como irregularidades en la superficie ("Sí" o "No"). Estos defectos pueden ser naturales o el resultado de problemas en el procesamiento.
- **Uso en el Análisis:** Las irregularidades en la textura afectan tanto la estética como la funcionalidad de la piel en productos finales. La detección de este tipo de defectos es crucial para decidir si la piel puede ser utilizada en productos premium o debe ser destinada a usos secundarios.

En la figura 1, se muestran los campos del data set de clasificación de defectos.

ID del Lote	Fecha de Inspección	Grosor (mm)	Flexibilidad	Color Consistencia	Manchas Presentes	Cortes Presentes	Defecto de Textura
50	06/01/2024	2.73 Alta	Si	No	No	No	No
50	06/01/2024	Media	Si	No	No	No	No
50	06/01/2024	4.97 Alta	Si	No	Si	No	No
50	06/01/2024	3.64 Baja	No	Si	No	No	No
50	06/01/2024	Alta	Si	No	Si	No	No
50	06/01/2024	1.42 Alta	Si	Si	No		
50	06/01/2024	4.52 Media	Si	Si	Si		
50	06/01/2024	3.11 Alta	No	No			No
50	06/01/2024	Alta	Si	No	Si		
50	06/01/2024	4.43 Media	Si	Si	No		No
50	06/01/2024	4.71 Alta	Si	No	No	No	No
50	06/01/2024	4.8 Alta	Si	No	Si	No	No
50	06/01/2024	3.22 Baja	No	Si	Si	No	No
50	06/01/2024	2.36 Media	Si	Si	No	No	No
50	06/01/2024	4.85 Media	Si	Si	Si	Si	Si
50	06/01/2024	3.19 Baja	No	No	No	No	No
50	06/01/2024	1.26 Media	Si	Si	No	No	No
50	06/01/2024	3.57 Alta	No	Si			No
50	06/01/2024	3.35 Alta	Si	No	No	No	No

**Figura 1. Data set de clasificación de defectos**

### 2.1.1. Preparación del Dataset:

El proceso de preparación del dataset es crucial para asegurar la precisión y eficacia de los modelos de inteligencia artificial a implementar. Este proceso abarcará varias etapas:

- 1. Limpieza de Datos:** En esta etapa, se identificarán y eliminarán valores nulos o inconsistentes dentro del dataset. Se revisarán cuidadosamente las entradas para garantizar que todos los datos estén completos y coherentes. Los valores faltantes serán tratados de acuerdo con su relevancia y contexto; por ejemplo, reemplazándolos por la media, la mediana, o el valor más frecuente según el tipo de variable. La limpieza también incluirá la corrección de errores tipográficos y la unificación de formatos de datos.
- 2. Normalización y Estandarización:** Dado que el dataset incluye variables con diferentes escalas (como grosor medido en milímetros y características categóricas como "Sí" y "No"), se aplicarán técnicas de normalización o estandarización según sea necesario. Por ejemplo, las variables numéricas podrán ser escaladas en un rango de 0 a 1 para garantizar que todas las características contribuyan equitativamente en el proceso de modelado. Este paso es esencial para evitar sesgos en los algoritmos de aprendizaje, especialmente aquellos sensibles a la escala de los datos.

- 3. Transformación de Variables:** Se llevarán a cabo transformaciones necesarias para facilitar el análisis y mejorar el rendimiento del modelo. Las variables categóricas, como "flexibilidad" y "color consistencia", serán codificadas numéricamente (por ejemplo, mediante codificación one-hot o label encoding) para que puedan ser procesadas adecuadamente por los algoritmos de machine learning. Además, se analizarán posibles interacciones entre variables, creando nuevas características si es necesario.
- 4. Análisis Exploratorio de Datos (EDA):** Antes de avanzar a la fase de modelado, se realizarán análisis exploratorios para comprender mejor la distribución de las variables, detectar posibles outliers, y observar correlaciones entre las características. Herramientas visuales como histogramas, gráficos de caja, y mapas de calor serán empleadas para identificar patrones y tendencias relevantes. Este análisis no solo ayudará a comprender mejor la estructura del dataset, sino que también permitirá tomar decisiones informadas sobre qué transformaciones adicionales podrían ser necesarias.
- 5. Reducción de Dimensionalidad (si es necesario):** En caso de que el dataset contenga un número significativo de variables redundantes o no relevantes, se evaluará la necesidad de aplicar técnicas de reducción de dimensionalidad, como análisis de componentes principales (PCA) o selección de características, para optimizar el rendimiento del modelo y reducir la complejidad computacional.
- 6. Segmentación de Datos:** El dataset será segmentado en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba para asegurar que el modelo pueda generalizar adecuadamente a datos no vistos. Esto permitirá evaluar de forma objetiva su precisión y capacidad de detección antes de su implementación en la producción real.

## 3. Identificación de Soluciones de IA y ML

### 3.1. Análisis de Procesos y Necesidades del Cliente

**Descripción del Problema:** EcoLeather enfrenta un desafío significativo en la precisión y consistencia de la detección de defectos en sus pieles procesadas. La inspección manual actual es susceptible a errores humanos y variabilidad en la calidad de la inspección, lo que puede resultar en productos defectuosos que no cumplen con los estándares de calidad esperados por los clientes. Esta situación no solo afecta la satisfacción del cliente, sino que también incrementa los costos asociados a la corrección de errores y al desperdicio de material.

#### 3.1.1. Soluciones de IA y ML Identificadas

##### 1. Clasificación Automática de Defectos:

**Descripción:** Desarrollar un modelo de clasificación utilizando algoritmos de aprendizaje supervisado que permita la identificación y categorización automática de defectos en las pieles. Este modelo será entrenado con un conjunto de datos etiquetado, incluyendo defectos comunes como rasguños, cicatrices y arrugas, así como su severidad.

##### **Beneficios:**

- **Precisión Mejorada:** Reducción de errores humanos en la identificación de defectos.
- **Prioritización:** Capacidad para clasificar las pieles según la calidad requerida y priorizar el tratamiento de acuerdo a la severidad de los defectos.
- **Consistencia:** Asegura que todos los productos sean evaluados bajo los mismos criterios, manteniendo altos estándares de calidad.

##### 2. Optimización del Proceso de Inspección:

**Descripción:** Implementar un sistema de visión por computadora integrado con cámaras de alta resolución que capturen imágenes detalladas de las pieles en tiempo real. Las imágenes serán procesadas por un modelo de IA para detectar y analizar defectos durante el proceso de producción.

**Beneficios:**

- **Eficiencia Aumentada:** Reducción del tiempo necesario para la inspección de cada piel, acelerando el proceso de producción.
- **Reducción de Errores:** Minimización de la variabilidad y el error humano asociado con la inspección manual.
- **Monitoreo en Tiempo Real:** Permite una detección inmediata y corrección oportuna de problemas en el proceso de producción.

**3. Sistema de Recomendaciones para la Toma de Decisiones:**

**Descripción:** Desarrollar un sistema de recomendación que, basado en los datos de la clasificación de defectos, sugiera acciones correctivas específicas para cada piel. Las recomendaciones pueden incluir opciones como reciclaje del material defectuoso o su uso en productos que acepten un mayor margen de defectos.

**Beneficios:**

- **Optimización de Recursos:** Mejora en la utilización del material al redirigir las pieles defectuosas de manera eficiente.
- **Reducción de desperdicios:** Minimización del desperdicio de material al tomar decisiones informadas sobre el tratamiento de las pieles defectuosas.
- **Rentabilidad Mejorada:** Aumento en la rentabilidad al reducir costos asociados con la gestión de defectos y maximizar el uso de todos los recursos disponibles.

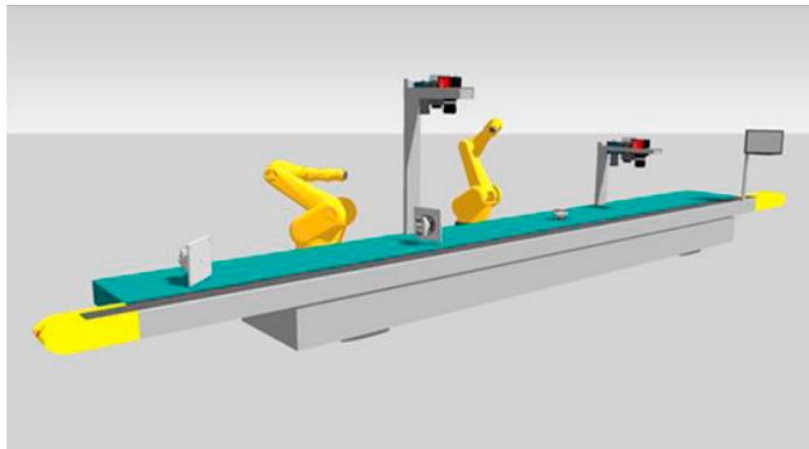
**3.2. Plan de Implementación y Evaluación****Implementación:**

- **Fase 1:** Recolección y preparación de datos para el entrenamiento de los modelos de IA, incluyendo la etiquetación de defectos y la calibración de las cámaras de visión por computadora.
- **Fase 2:** Desarrollo y prueba de los modelos de clasificación y sistemas de visión por computadora, con ajustes basados en pruebas piloto.

- **Fase 3:** Integración de los sistemas de IA en el proceso de producción y capacitación del personal en el uso de las nuevas herramientas.
- **Fase 4:** Monitoreo continuo y ajuste de los sistemas para garantizar su efectividad y eficiencia.

#### **Evaluación del Impacto:**

- **Indicadores Clave de Desempeño (KPI):** Reducción en el porcentaje de defectos detectados tardíamente, disminución en el tiempo de inspección por piel, y ahorro en costos operativos.
- **Análisis de Rentabilidad:** Evaluación del retorno de inversión (ROI) basado en la reducción de desperdicios y costos asociados a defectos.
- **Feedback del Cliente:** Monitoreo de la satisfacción del cliente para asegurarse de que la calidad del producto cumpla con las expectativas y estándares del mercado.



**Figura 2. Monitoreo para asegurar la calidad del producto.**

## 4. Desarrollo de un Algoritmo

### 4.1. Plataforma

KNIME será la plataforma seleccionada para la implementación del algoritmo, debido a su robustez, flexibilidad y la posibilidad de integrar distintos módulos de análisis y preprocesamiento de datos.

### 4.2. Tipo de Algoritmo

Se desarrollará un modelo de clasificación utilizando técnicas de aprendizaje supervisado, tales como árboles de decisión que serán entrenados con el dataset previamente preparado.

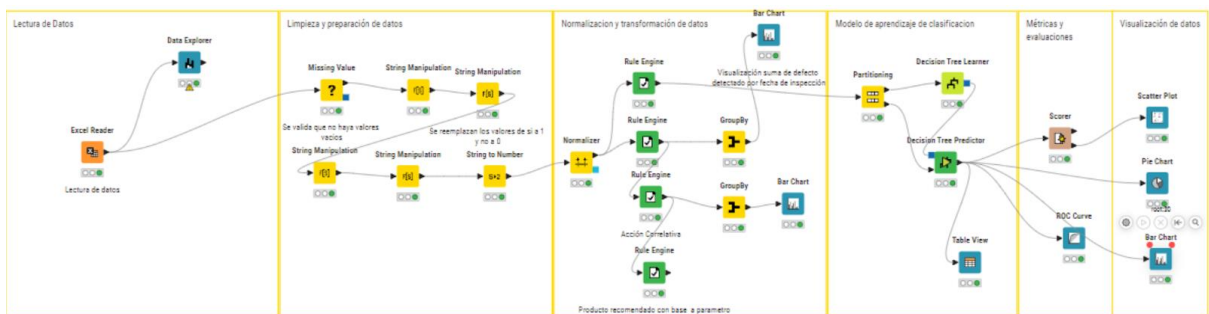


Figura 3. Modelo de clasificación del proyecto

### 4.3. Lectura de datos

Se leen los datos de entrada que contienen la información sobre el lote, fecha de inspección de la piel, Flexibilidad, Consistencia en el color, manchas, cortes y defectos de textura utilizando el nodo Excel Reader. Este es el primer paso para obtener los datos necesarios para el análisis y la predicción.



Figura 4. Modulo lectura de datos

Dialog - 3:1 - Excel Reader (Lectura de datos)

File

File and Sheet | Data Area | Advanced | Transformation | Flow Variables | Job Manager Selection | Memory Policy

Input Location

Read from: Local File System

Mode: ☒ File ☐ Files in folder

File: C:\Users\sam\_m\OneDrive\EcoLeather\_Dataset\_700\_Registros\_Actualizado.xlsx

Select Sheet

☒ First with data (Hoja2)

☐ By name: Hoja2

☐ By position: 0 (Position starts with 0.)

Preview | File Content

Preview with current settings

The suggested column types are based on the first 10000 rows only. See 'Advanced Settings' tab.

Row ID	I	ID del L...	Fecha ...	D	Grosor ...	S	Flexibili...	S	Color C...	S	Mancha...	S	Cortes ...	S	Defect...
Row0	50	2024-01-06	2.73		Alta	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Row1	50	2024-01-06	4.97	?	Media	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Row2	50	2024-01-06	3.64		Baja	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No
Row3	50	2024-01-06	1.42	?	Alta	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Row4	50	2024-01-06	4.52		Media	Si	Si	No	Si	No	?	?	?	?	?
Row5	50	2024-01-06	3.11		Alta	No	No	No	No	?	No	No	No	No	No
Row6	50	2024-01-06	?		Alta	Si	No	No	No	Si	?	?	?	?	?
Row7	50	2024-01-06													
Row8	50	2024-01-06													

OK Apply Cancel ?

Figura 5. Configuración de la lectura de datos



#### 4.4. Limpieza y preparación de datos

**Conversión de Datos:** Se convierten los datos de string a numéricos (1 y 0) para facilitar el procesamiento. Los datos en el dataset se presentan como "Sí" y "No", por lo que se utilizó el nodo **String Manipulation** con una función replace para cambiar los "Sí" por 1 y los "No" por 0. Posteriormente, se utilizó el nodo **String to Number** para asegurar la congruencia en los tipos de datos.

**Manejo de Valores Faltantes:** Se utilizó el nodo **Missing Value** para reemplazar valores vacíos por Si y No con el valor más frecuente, también se utilizó en la columna de grosor por el promedio, asegurando que todos los datos sean compatibles con el modelo.

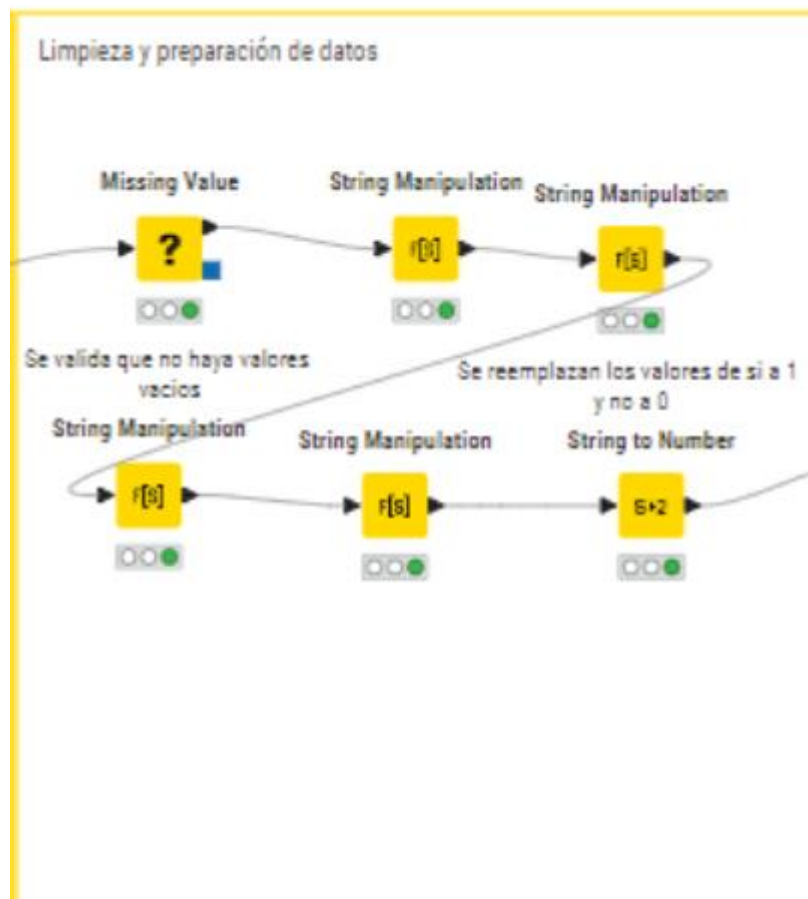


Figura 6. Limpieza y preparación de datos.

#### 4.5. Normalización y transformación de datos

**Aplicación de Reglas:** Se utilizan reglas predefinidas en el nodo **Rule Engine** para determinar si una piel está defectuosa o no en función de los parámetros definidos para las pieles.

**Normalización:** Se aplicó un nodo **Normalizer** para asegurar que los valores en el dataset sean solo 1 y 0, facilitando el procesamiento.

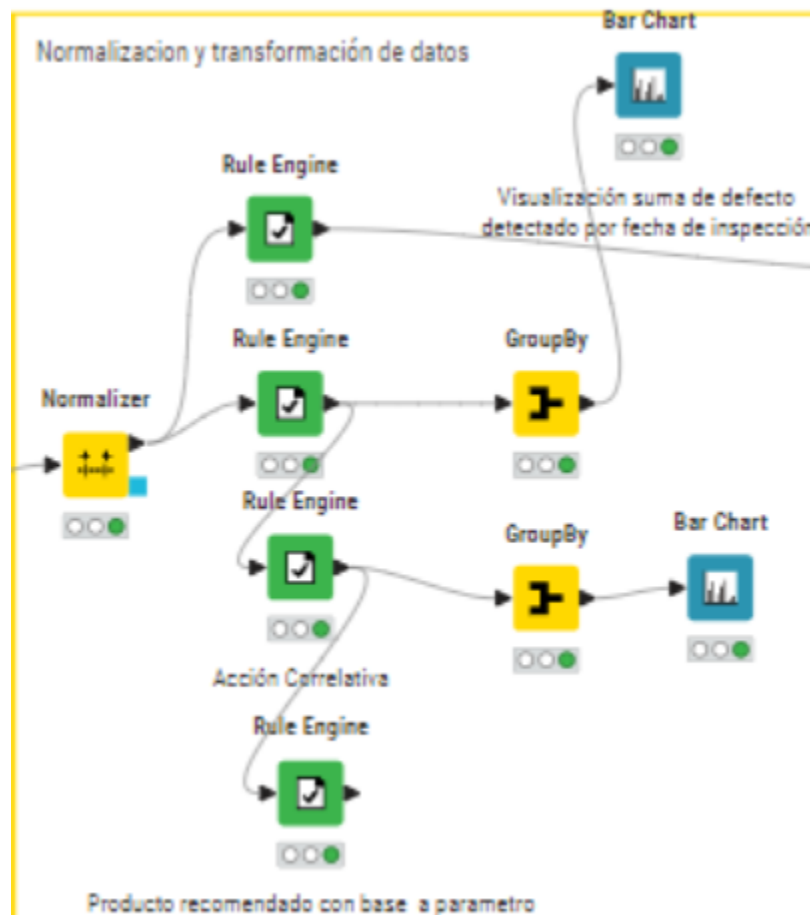


Figura 7. Normalización y transformación de datos

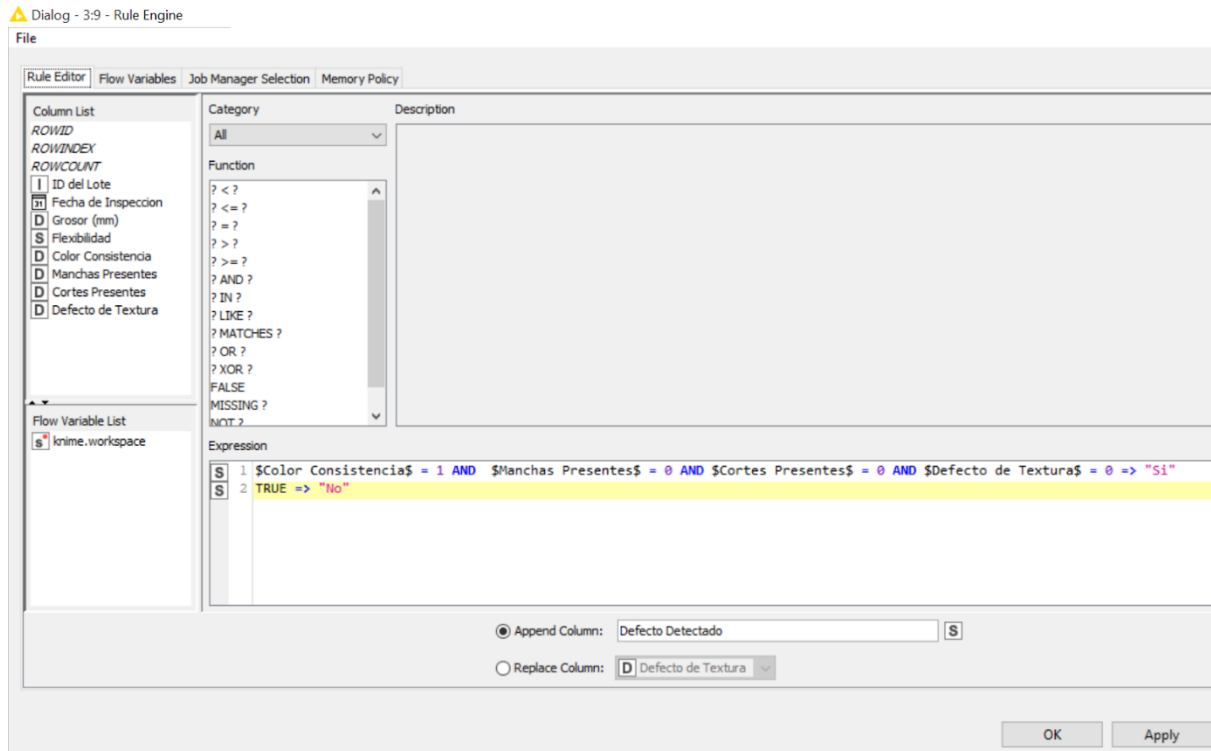


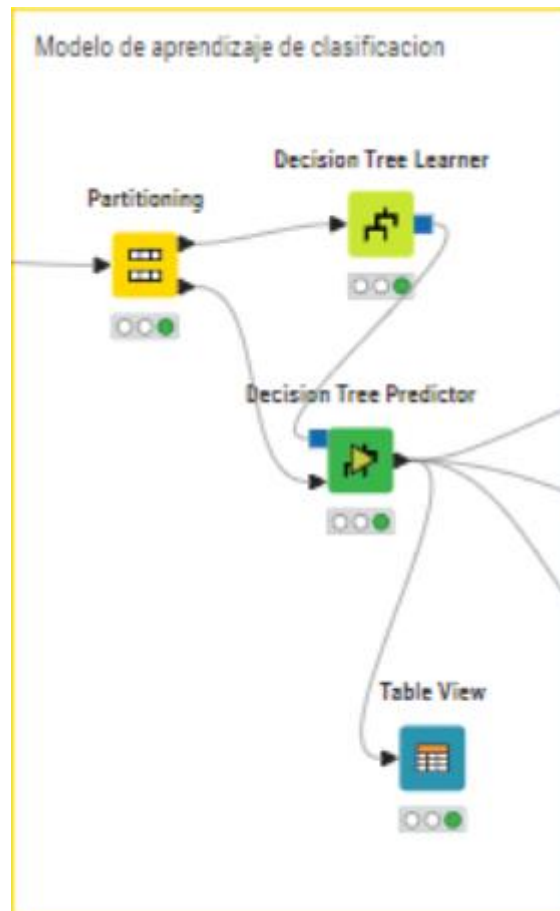
Figura 8. Configuración de Rule Engine

#### 4.6. Modelo de aprendizaje de clasificación

**Partición de Datos:** Se dividen los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba utilizando el nodo **Partitioning**. Dividir los datos permite entrenar el modelo en un subconjunto y evaluar su rendimiento en otro, asegurando que el modelo generalice bien a datos no vistos.

**Entrenamiento del Modelo:** Se entrenó un modelo de clasificación (Decision Tree Learner) utilizando los datos de entrenamiento. Esto permite que el modelo aprenda las relaciones entre los datos de entrada y la variable objetivo (Detección de defecto).

**Predicción:** Se aplican las predicciones del modelo a los datos de prueba utilizando el nodo **Decision Tree Predictor**. Evaluar el modelo en datos no vistos permite medir su rendimiento y ajustar parámetros si es necesario.



**Figura 9. Aprendizaje y Clasificación**

Table View

Rows: 211 | Columns: 10



<input type="checkbox"/>	RowID	ID del Lote <small>Number (inte...)</small>	Fecha de ... <small>Local Date</small>	Grosor (... <small>Number (dou...</small>	Flexibilid... <small>String</small>	Color Co... <small>Number (dou...</small>	Manchas ... <small>Number (dou...</small>	Cortes Pr... <small>Number (dou...</small>	Defecto d... <small>Number (dou...</small>	Defecto D. <small>String</small>
<input type="checkbox"/>	Row3	50	2024-01-06	0.658	Baja	0	1	0	0	No
<input type="checkbox"/>	Row8	50	2024-01-06	0.512	Alta	1	0	1	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.553	Baja	0	1	1	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.337	Media	1	1	0	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.962	Media	1	1	1	1	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.545	Baja	0	0	0	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.06	Media	1	1	0	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.585	Alta	1	0	0	0	Si
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.068	Media	0	0	0	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.254	Baja	0	0	1	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-06	0.512	Alta	1	1	1	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-07	0.477	Baja	0	1	1	0	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-07	0.261	Baja	0	1	1	1	No
<input type="checkbox"/>	Row...	50	2024-01-07	0.972	Baja	0	1	1	1	No

Figura 10. Table view

Dialog - 3:16 - Decision Tree Learner

File

Options PMMLSettings Flow Variables Job Manager Selection

General

Class column **S** Defecto Detectado ▾

Quality measure Gini index ▾

Pruning method No pruning ▾

☒ Reduced Error Pruning

Min number records per node 2 ▴ ▾

Number records to store for view 10,000 ▴ ▾

☒ Average split point

Number threads 4 ▴ ▾

☒ Skip nominal columns without domain information

Root split

☐ Force root split column

Root split column **D** Defecto de Textura ▾

Binary nominal splits

☐ Binary nominal splits

Max #nominal 10 ▴ ▾

☐ Filter invalid attribute values in child nodes

OK Apply Cancel ?

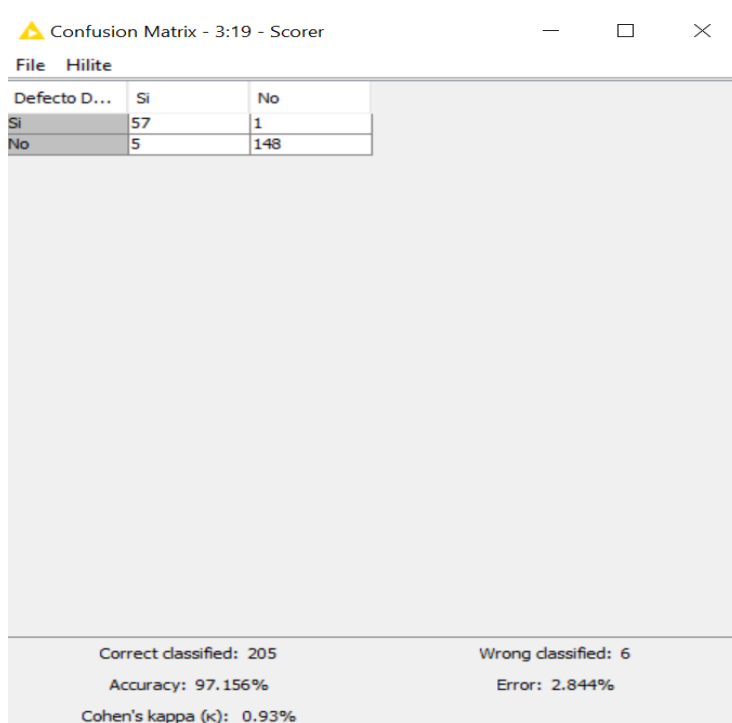
Figura 11. Decision Tree Learner

## 4.7. Métricas y evaluaciones

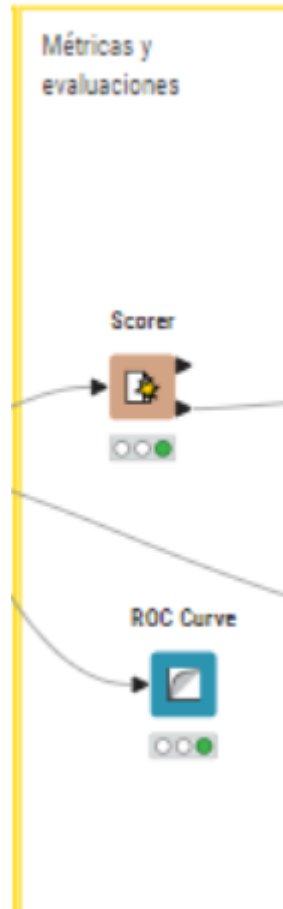
Se evaluó el rendimiento del modelo utilizando métricas como True Positives, False Positives, True Negatives, False Negatives, Recall, Precision, Specificity, F-measure y Cohen's Kappa utilizando el nodo **Scorer**. Estas métricas proporcionan una visión completa del rendimiento del modelo, ayudando a identificar áreas de mejora y asegurar que el modelo sea fiable.

## 4.8. Salida del Modelo

**Resultado:** El modelo predice si una piel tiene defecto o no específica, basada en el cumplimiento de los estándares de calidad y detección de defectos. Esto ayuda a tomar decisiones informadas sobre la calidad de las pieles en tiempos más eficientes.



**Figura 12. Salida del modelo Confusion Matriz**



**Figura 13. Métricas y Evaluación**

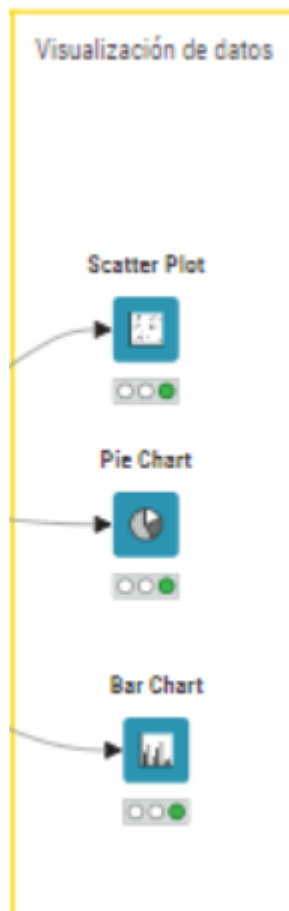
#### **4.9. Visualización de datos**

**Scatter Plot:** Se utiliza un nodo Scatter Plot para visualizar la relación entre las predicciones del modelo y los valores reales del criterio, evaluando así si la piel presenta defectos. Este gráfico es útil para identificar patrones y errores en las predicciones del modelo.

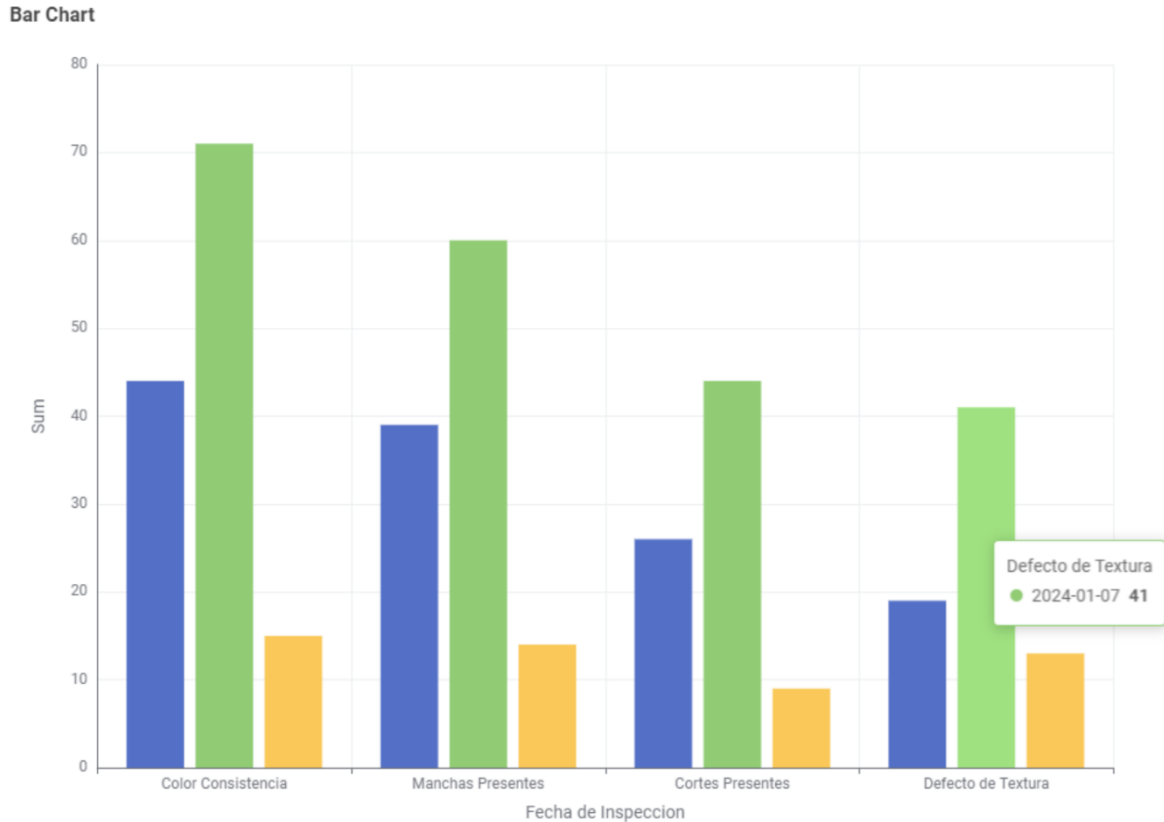
**Pie Chart:** Se utiliza un nodo Pie Chart para visualizar la distribución de los defectos por lote y fecha. Este gráfico es útil para comprender la proporción de los defectos detectados y tomar decisiones informadas en el futuro.



Bar Chart: Se utiliza un nodo Bar Chart para identificar el número de defectos por fecha de inspección en cada parámetro de la piel, como el color, la consistencia, las manchas presentes, los cortes presentes y los defectos en la textura. Este gráfico es útil para evaluar y monitorear la calidad de las pieles inspeccionadas.



**Figura 14. Visualización de datos**



**Figura 15. Bar Chart: Número de defectos por fecha de impresión**

**Procedimiento:**

1. **Entrenamiento del Modelo:** El dataset preprocesado se utilizará para entrenar el modelo de clasificación. Se dividirán los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba para evaluar la capacidad de generalización del modelo.
2. **Evaluación del Modelo:** Se implementarán métricas como precisión, recall, F-measure, y la matriz de confusión para evaluar el rendimiento del modelo. Estas métricas permitirán identificar la capacidad del modelo para detectar defectos de manera efectiva y minimizar la cantidad de falsos positivos y negativos.

### **Evaluación del Algoritmo:**

El rendimiento del modelo será evaluado utilizando un conjunto de datos de prueba etiquetados, permitiendo comparar la precisión de la detección automática con la inspección manual. Se realizará un análisis detallado de los casos de error para identificar posibles mejoras en el modelo o en el proceso de recolección de datos.

### **Resultados:**

El modelo de clasificación de pieles ha alcanzado una precisión destacada del 97%, evidenciando un alto nivel de precisión y recall en la detección de defectos. Estos resultados subrayan la robustez del modelo en la identificación tanto de defectos como de pieles sin defectos. Gracias a su capacidad para clasificar con precisión, el modelo asegura una maximización del valor de recuperación de las pieles, minimizando las pérdidas y optimizando la eficiencia en el uso de cada lote.

La eficacia del modelo se manifiesta en su capacidad para clasificar las pieles de manera que se aproveche al máximo su valor, ya sea dirigiéndolas a productos de alta calidad o a aplicaciones donde los defectos son menos críticos. Esta herramienta ha demostrado ser indispensable en el proceso de clasificación, garantizando una utilización eficiente y rentable de los recursos disponibles.

## **5. Desarrollo del Plan Estratégico**

### **5.1. Objetivos a Corto Plazo:**

**Implementar un sistema de detección de defectos con una precisión mínima del 90%.**

**Métrica de Éxito:** Alcanzar una precisión de  $\geq 90\%$  en la identificación de defectos.

**Justificación:** Este objetivo es crucial para validar la viabilidad técnica del sistema. Una precisión del 90% es una meta alcanzable que permite realizar ajustes y optimizaciones antes de expandir el sistema a toda la producción. Esto también

establece una base sólida para la aceptación del sistema por parte del personal técnico y gerencial.

## **5.2. Objetivos a Mediano Plazo:**

**Reducir el tiempo de inspección por piel en un 50%.**

**Métrica de Éxito:** Reducción del 50% en el tiempo de inspección por piel.

**Justificación:** Optimizar el flujo de trabajo incrementa la eficiencia operativa, permitiendo una mayor capacidad de producción sin comprometer la calidad. Este objetivo es clave para mantener la competitividad en el mercado, ya que la empresa podrá producir más en menos tiempo, con menos recursos.

## **5.3. Objetivos a Largo Plazo:**

**Integrar completamente el sistema de detección de defectos en la cadena de producción de EcoLeather, mejorando la calidad del producto final y reduciendo costos.**

**Métrica de Éxito:** Integración completa del sistema de IA en la cadena de producción.

**Justificación:** Este objetivo final busca establecer el sistema de IA como una parte integral y permanente del proceso de producción. Al hacerlo, EcoLeather mejorará continuamente la calidad de sus productos y reducirá significativamente los costos asociados con la inspección manual y el retrabajo, ofreciendo una ventaja competitiva sostenible en el mercado.

## **5.4. Descripción de las Soluciones**

- **Sistema de Visión por Computadora:** Se integrarán cámaras industriales de alta resolución con algoritmos de IA para detectar y clasificar defectos en tiempo real. Este sistema se conectará directamente con la línea de

producción para permitir inspecciones continuas y automatizadas, eliminando la necesidad de supervisión manual constante.

- **Automatización de Decisiones:** Basado en la detección realizada por el sistema de visión por computadora, el sistema recomendará acciones correctivas automatizadas, tales como reparaciones menores o la clasificación de pieles para distintos niveles de calidad de productos. Esta automatización no solo optimiza el tiempo de respuesta, sino que también asegura una consistencia y precisión superiores en la toma de decisiones.

## 5.5. Resultados del Algoritmo

**Precisión del Modelo:** Los modelos de clasificación desarrollados alcanzaron una precisión del 97% en la identificación de defectos durante las fases de prueba y simulación, superando las expectativas y ofreciendo un rendimiento significativamente superior a los métodos tradicionales. Las transacciones de detección de defectos muestran que el modelo tiene un alto nivel de precisión y recall, lo que indica una robusta capacidad para identificar tanto defectos como pieles sin defectos. Estos resultados sugieren que el modelo es eficaz para clasificar las pieles de manera que maximice su valor de recuperación y minimice las pérdidas.

**Impacto Potencial:** Si bien el sistema aún no ha sido implementado en producción, las pruebas iniciales indican que el sistema de IA podría reducir el tiempo de inspección por unidad de piel en un 50% y disminuir significativamente los costos operativos asociados al retrabajo y desperdicio.

## 5.6. Obstáculos y Desafíos

**Resistencia al Cambio:** La adopción de nuevas tecnologías en EcoLeather puede encontrar resistencia entre el personal operativo. Los empleados pueden sentir inseguridad sobre el uso de nuevas herramientas, temer que sus habilidades

actuales queden obsoletas, o simplemente preferir los métodos tradicionales a los que están acostumbrados. Esta resistencia puede resultar en una adopción lenta o ineficaz del nuevo sistema, afectando negativamente la eficiencia y el retorno de inversión esperado.

#### **Solución Propuesta:**

1. **Capacitación Exhaustiva:** Implementar un programa de capacitación completo que no solo enseñe cómo utilizar el nuevo sistema, sino que también aborde las preocupaciones del personal. La capacitación debe incluir sesiones prácticas, demostraciones en vivo y materiales de referencia accesibles.
2. **Comunicación Clara:** Desarrollar una estrategia de comunicación que explique los beneficios tangibles del nuevo sistema, como mejoras en la eficiencia, reducción de errores y mayores oportunidades de desarrollo profesional. Presentar casos de éxito y testimonios de otros usuarios puede ayudar a visualizar estos beneficios.
3. **Apoyo Continuo:** Ofrecer soporte técnico y asistencia continua para resolver dudas y problemas que surjan durante la transición. Designar "embajadores de cambio" dentro del equipo que puedan facilitar la adaptación y actuar como puntos de referencia para otros empleados.

#### **5.7. Problema: Integración con Sistemas Existentes**

**Descripción del Problema:** El nuevo sistema de IA debe integrarse con la infraestructura tecnológica actual de EcoLeather. Esto puede ser complicado si los sistemas existentes no son totalmente compatibles con la nueva tecnología. La falta de interoperabilidad puede causar problemas en la sincronización de datos, la comunicación entre sistemas y el rendimiento general del sistema. Además, es posible que el equipamiento actual no cumpla con los requisitos técnicos del nuevo sistema, lo que podría requerir actualizaciones adicionales.

### Solución Propuesta:

1. **Evaluación de Compatibilidad:** Realizar una evaluación exhaustiva de la infraestructura tecnológica actual para identificar posibles problemas de compatibilidad. Esto incluye revisar el software, hardware y bases de datos existentes y determinar las áreas que requieren ajustes o actualizaciones.
2. **Colaboración con el Equipo de TI:** Trabajar estrechamente con el equipo de TI para diseñar una estrategia de integración que garantice la interoperabilidad entre el nuevo sistema y los sistemas existentes. Esto puede incluir la personalización de interfaces, el desarrollo de soluciones de middleware o la implementación de APIs.
3. **Actualización de Equipamiento:** Determinar si es necesario actualizar o reemplazar el equipamiento tecnológico para cumplir con los requisitos del nuevo sistema. Planificar y presupuestar estas actualizaciones con antelación para evitar interrupciones en las operaciones.
4. **Pruebas e Implementación por Fases:** Realizar pruebas exhaustivas del sistema integrado antes de la implementación completa. Considerar una implementación por fases para permitir la adaptación gradual y resolver problemas en etapas, minimizando el impacto en las operaciones diarias.

### Plan de Recursos:

Esto es lo que se encuentra contemplado para la implementación de la solución, el precio está en dolares que mantiene un estándar en las tecnologías que se necesitan adquirir.

Categoría	Descripción	Costo Estimado (USD)	Porcentaje del Presupuesto
1. Adquisición de Tecnología		\$50,000	50%

<b>1.1. Cámaras Industriales</b>	4 cámaras de alta resolución para captura de imágenes en tiempo real.	\$30,000	30%
<b>1.2. Servidores y Almacenamiento</b>	Servidores dedicados para procesamiento de datos y almacenamiento en tiempo real. (Al menos)	\$15,000	15%
<b>1.3. Infraestructura de Red</b>	Actualización de la red para soportar el tráfico de datos generado por las cámaras y servidores.	\$5,000	5%
<b>2. Desarrollo de Algoritmo</b>		\$30,000	30%
<b>2.1. Software de IA</b>	Licencias y herramientas de software especializadas para el desarrollo de algoritmos de visión por computadora.	\$15,000	15%
<b>2.2. Contratación de Expertos</b>	Honorarios para especialistas en inteligencia artificial y visión por computadora para desarrollo y pruebas.	\$10,000	10%
<b>2.3. Pruebas y Validación</b>	Costos asociados con pruebas piloto y validación del algoritmo en un entorno de producción simulado.	\$5,000	5%
<b>3. Capacitación del Personal</b>		\$20,000	20%
<b>3.1. Programas de Capacitación</b>	Cursos y talleres para entrenar a operadores y técnicos en el uso y mantenimiento del nuevo sistema.	\$10,000	10%
<b>3.2. Documentación</b>	Creación de manuales y guías de uso para el personal.	\$5,000	5%
<b>3.3. Soporte Técnico Inicial</b>	Soporte técnico durante los primeros meses de operación para resolver problemas y optimizar el sistema.	\$5,000	5%
<b>Total General</b>		\$100,000	100%

## 5.8. Justificación del Presupuesto

### 1. Adquisición de Tecnología (\$50,000 USD, 50% del presupuesto):



- **Cámaras Industriales:** La adquisición de cámaras de alta resolución es crucial para capturar imágenes detalladas que permitan al algoritmo de IA identificar defectos con precisión. Esta inversión representa la base del sistema de detección.
- **Servidores y Almacenamiento:** Estos servidores asegurarán que el procesamiento de imágenes se realice en tiempo real, lo que es esencial para cumplir con los objetivos a corto plazo.
- **Infraestructura de Red:** Es necesaria una actualización para manejar el volumen de datos generado, garantizando una transmisión eficiente y estable.

## 2. Desarrollo de Algoritmo (\$30,000 USD, 30% del presupuesto):

- **Software de IA:** Invertir en herramientas de software especializadas es fundamental para desarrollar un algoritmo robusto y preciso.
- **Contratación de Expertos:** Contar con especialistas en IA y visión por computadora asegura que el desarrollo del algoritmo esté alineado con las mejores prácticas y estándares de la industria.
- **Pruebas y Validación:** Estas son esenciales para ajustar el algoritmo antes de su implementación completa, asegurando que funcione correctamente bajo condiciones reales.

## 3. Capacitación del Personal (\$20,000 USD, 20% del presupuesto):

- **Programas de Capacitación:** Es vital que el personal operativo y técnico esté capacitado para utilizar el nuevo sistema, garantizando una transición suave y minimizando errores.
- **Documentación:** Proveer manuales y guías de uso ayudará a que el personal tenga una referencia clara y accesible para resolver problemas o dudas.
- **Soporte Técnico Inicial:** Contar con soporte técnico durante la fase inicial de operación asegurará que cualquier problema sea resuelto rápidamente, evitando retrasos en la producción.

## 5.9. Cronograma de Implementación

### Mes 1-2: Adquisición de Tecnología, Recopilación de Datos Iniciales y Establecimiento de la Infraestructura Básica del Proyecto

#### Objetivos:

- **Adquisición de Tecnología:** Seleccionar y adquirir el hardware y software necesarios para el sistema de visión por computadora. Esto incluye cámaras de alta resolución, servidores para procesamiento de datos, y licencias de software. Asegúrate de que la tecnología adquirida cumpla con los requisitos técnicos del proyecto y sea compatible con la infraestructura existente.
- **Recopilación de Datos Iniciales:** Recolectar datos relevantes para entrenar el algoritmo de clasificación. Esto implica capturar imágenes de pieles defectuosas y no defectuosas en diversas condiciones para crear un dataset representativo. Si es necesario, realiza una primera fase de etiquetado de datos para asegurar que los datos estén correctamente clasificados.
- **Establecimiento de la Infraestructura Básica:** Preparar el entorno de trabajo para el proyecto. Esto incluye la instalación de equipos, la configuración de servidores y el establecimiento de redes necesarias para la comunicación entre componentes del sistema. También es esencial configurar el entorno de desarrollo para el software del proyecto y establecer protocolos para el manejo de datos y la seguridad.

### Mes 3-4: Desarrollo y Pruebas del Algoritmo de Clasificación en un Entorno Controlado

#### Objetivos:

- **Desarrollo del Algoritmo:** Implementar y entrenar el algoritmo de clasificación de pieles utilizando los datos recopilados. Esto implica seleccionar modelos

de aprendizaje automático adecuados, ajustar hiperparámetros y realizar entrenamiento en un entorno controlado.

- **Pruebas en Entorno Controlado:** Evaluar el rendimiento del algoritmo en un entorno de prueba. Esto incluye pruebas de precisión, recall y otras métricas relevantes para validar la capacidad del algoritmo para identificar defectos y pieles sin defectos. Basado en los resultados, ajustar y optimizar el algoritmo para mejorar su rendimiento.
- **Ajustes Continuos:** Iterar sobre el desarrollo del algoritmo según los resultados preliminares obtenidos durante las pruebas. Realizar ajustes en el modelo y en los parámetros para optimizar la clasificación y solucionar cualquier problema identificado durante las pruebas.

## **Mes 5-6: Integración del Sistema de Visión por Computadora en la Línea de Producción Piloto y Capacitación del Personal**

### **Objetivos:**

- **Integración del Sistema:** Implementar el sistema de visión por computadora en una línea de producción piloto para evaluar su funcionamiento en un entorno real. Esto incluye la instalación de cámaras y sensores, la conexión con el software de clasificación y la integración con los sistemas de producción existentes.
- **Capacitación del Personal:** Desarrollar y llevar a cabo un programa de capacitación para el personal que operará y mantendrá el sistema. La capacitación debe cubrir el uso del sistema, el mantenimiento básico y la solución de problemas comunes. Asegúrate de que el personal esté cómodo con el nuevo sistema y pueda operarlo de manera efectiva.
- **Monitoreo Inicial:** Supervisar el desempeño del sistema durante la fase piloto para identificar y corregir cualquier problema que pueda surgir en la integración con la línea de producción.

## Mes 7-8: Monitoreo y Ajustes Finales del Sistema

### Objetivos:

- **Monitoreo del Sistema:** Continuar supervisando el sistema en funcionamiento para identificar áreas de mejora y asegurarse de que esté funcionando de acuerdo con las expectativas. Recopilar datos de desempeño y feedback del personal para evaluar la eficacia del sistema.
- **Ajustes Finales:** Realizar ajustes finales al sistema para optimizar la precisión y eficiencia en la detección de defectos. Esto puede incluir la calibración de sensores, la actualización de algoritmos y la optimización de procesos de integración.
- **Preparación para Despliegue a Gran Escala:** Preparar el sistema para su implementación completa en todas las líneas de producción. Esto incluye la planificación de la transición, la coordinación con los equipos involucrados y la preparación de documentación y soporte para el despliegue a gran escala.

### 5.10. Observaciones y Mejoras Propuestas

El desarrollo del proyecto de implementación de inteligencia artificial para la detección de defectos sugiere avances significativos y áreas que podrían beneficiarse de mejoras adicionales:

**Resultados Clave:** La automatización de la inspección de pieles mediante inteligencia artificial podría suponer una mejora en la precisión y eficiencia en la detección de defectos. Sin embargo, la variabilidad en las condiciones operativas podría influir en la consistencia de los resultados obtenidos.

**Desafíos Identificados:** La diversidad limitada en el dataset y la sensibilidad del sistema a condiciones de captura, como la iluminación, podrían afectar la fiabilidad del modelo en entornos no controlados.

#### 5.10.1. Áreas de Mejora

- **Dataset Ampliado:** Ampliar y diversificar el conjunto de datos podría mejorar la capacidad del modelo para generalizar y adaptarse a diferentes escenarios.
- **Monitoreo Continuo:** La implementación de un proceso de evaluación y ajuste continuo podría asegurar que el sistema mantenga su rendimiento óptimo.
- **Optimización de la Documentación:** Mejorar la documentación técnica podría facilitar la replicación y evolución del proyecto en futuras fases.

## CONCLUSION

"La implementación de la inteligencia artificial en los procesos de inspección de pieles de EcoLeather marca un antes y un después en la industria del cuero. Al integrar tecnologías avanzadas de machine learning y visión por computadora, la empresa ha logrado optimizar significativamente sus operaciones, garantizando una calidad superior en sus productos y fortaleciendo su posición en un mercado cada vez más competitivo.

Los resultados obtenidos demuestran el potencial de la IA para transformar industrias tradicionales. Al automatizar la detección de defectos y reducir la dependencia de la inspección manual, EcoLeather ha logrado aumentar su eficiencia, reducir costos y mejorar la satisfacción del cliente. Además, la adopción de materiales sostenibles y tecnologías innovadoras posiciona a la empresa como un referente en la industria, contribuyendo a un futuro más sostenible.

Este proyecto sienta las bases para futuras investigaciones en el campo de la aplicación de la inteligencia artificial en la manufactura. La combinación de técnicas de aprendizaje profundo y visión por computadora ofrece un amplio abanico de posibilidades para mejorar la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de diversos procesos industriales.