

## Sistema de procesamiento digital de imágenes para el reconocimiento y asociación de patrones en la gestión de inventarios en calzado

*Digital image processing system for the recognition and association of patterns in the management inventory in footwear*

<https://doi.org/10.33110/inceptum.v17i32.420>

(Recibido: 24/03/2022; Aceptado: 20/05/2022)

**Marcela Palacios Ortega**<sup>1</sup>

**Armando Mares Castro**<sup>2</sup>

**Adriana Fragoso Mora**<sup>3</sup>

### Resumen

El objetivo del presente proyecto es identificar por medio de inteligencia artificial el grado de semejanza entre imágenes de calzado, se utiliza visión por computadora, técnicas de procesamiento digital de imágenes y reconocimiento de patrones para identificar las coincidencias y vincularlas a las existencias disponibles en un almacén de producto terminado, con la finalidad de gestionar de manera eficiente los inventarios. Se utilizaron diferentes técnicas de procesamiento digital en MATLAB (Laboratorio de matrices) como: imagen binaria, imagen intensidad, máscaras para detectar bordes y para comparar patrones se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Como resultado se obtiene un sistema capaz de identificar diferencias morfológicas entre modelos, vistas y colores, asociándolos a una base de datos. Se generó una interfaz de usuario que permite procesar un modelo de calzado a través de una imagen digital e identificar las cantidades existentes en el inventario físico por talla y las despliega en pantalla.

**Palabras Clave:** coeficiente de correlación de Pearson, gestión de inventarios, procesamiento digital de imágenes, reconocimiento de patrones.

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Purísima del rincón ITSPR/división I.I marcela.po@purisima.tecnm.mx

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior de Purísima del rincón ITSPR/división I.I armando.mc@purisima.tecnm.mx

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico Superior de Purísima del rincón ITSPR/división IGE adriana.fm@purisima.tecnm.mx

### **Abstract**

The objective of this project is to identify through artificial intelligence the degree of similarity between footwear images, computer vision, digital image processing techniques and pattern recognition are used to identify matches and link them to the stocks available in a finished product warehouse, in order to efficiently manage inventories. Different digital processing techniques were used in MATLAB (Matrix Laboratory) such as: binary image, intensity image, masks to detect edges and to compare patterns the Pearson correlation coefficient was used. As a result, a system capable of identifying morphological differences between models, views and colors is obtained, associating them with a database. As a result, a system capable of identifying morphological differences between models, views and colors is obtained, associating them with a database. A user interface was generated that allows to process a shoe model through a digital image and identify the existing quantities in the physical inventory by size and display them on the screen.

**Keywords:** Pearson correlation coefficient, Inventory management, digital image processing, pattern recognition.

### **Introducción**

La gestión adecuada de los inventarios es determinante para asegurar el éxito de una empresa, ya que niveles bajos de inventario se traducen en faltantes de mercancía y pérdidas de oportunidad. Por otro lado, el tener mercancía en exceso es tanto o más perjudicial para la empresa ya que se incurre en costos de mantener inventario, (Chase,2011) robos, y obsolescencia, entre otros. Existen una gran variedad de programas que ayudan a las empresas a gestionar sus inventarios como pueden ser: MRP (Planeación de los Recursos Materiales) (Chase, 2011), tecnologías RFID (Godínez, 2008) códigos de barras (Schroeder, 2011) o sistemas hechos a la medida, por mencionar algunos, sin embargo, muchas empresas optan por no usar ninguno de estos productos, en parte por el costo y en parte debido a la dependencia del factor humano para alimentar los programas y hacer las adaptaciones constantes que se requieren para el funcionamiento óptimo de los mismos.

Actualmente utilizamos las imágenes para comunicar, el uso masivo de técnicas de visión por computadora, están desplazando tecnologías como RFID y códigos de barras, cada vez se hace más presente la visión artificial para resolver problemáticas de la industria y de la administración, bajo esta perspectiva surge la siguiente interrogante:



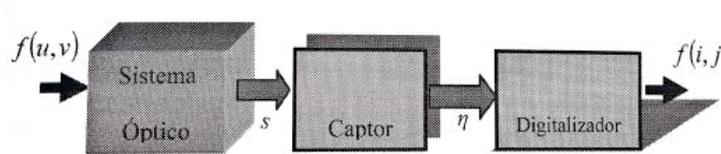
## Hipótesis

Es posible diseñar un sistema de captura y búsqueda por computadora, que permita obtener una imagen estandarizada en cuanto a dimensiones y ruido, y además que permita identificar una imagen de calzado y consultar la información inherente al mismo.

El objetivo general del presente proyecto es diseñar una cabina de iluminación que permita estandarizar imágenes de calzado, eliminando el ruido presente en el fondo desde el momento de la adquisición de la imagen, para facilitar el procesamiento y la asociación de patrones, por medio de visión por computadora, utilizando MATLAB para el procesamiento y el coeficiente de correlación de Pearson para lograr un reconocimiento de patrones efectivo utilizando un computador de uso general.

El procesamiento digital de imágenes puede definirse como la operación de imágenes mediante computadora, la materia prima del procesamiento y la visión son las imágenes, las cuales se consideran como una representación del mundo físico (Cuevas, 2017). La luz reflejada  $f(u, v)$  es la imagen óptica que sirve de entrada al sistema de formación de la imagen digital. Tal sistema está constituido por lentes ópticos, un captor óptico y un digitalizador de imagen (Rodríguez, 2012).

Figura 1 Modelo de formación de la imagen digital



Nota: Adaptado de Procesamiento y análisis digital de imágenes (p. 45), por Rodríguez y Sossa, 2012, Alfaomega

Las técnicas de Procesamiento Digital de imágenes PDI ya son ampliamente utilizadas en el control de inventarios, por ejemplo: Kishan (2022) presenta un inventario totalmente automatizado y asistencia de pedidos mediante el procesamiento de imágenes, para reabastecer el inventario de un refrigerador inteligente por medio de YOLO (Sólo se mira una vez, por sus siglas en inglés), obteniendo como resultados un BOT capaz de colocar pedidos en línea para reabastecer los productos de un refrigerador. Por su parte Moreira (2022) presenta el desarrollo de una herramienta inteligente centrada en visión artificial y redes neuronales para el reconocimiento de maleza en plantaciones de arroz, logrando una correcta categorización y el reconocimiento del follaje del arroz, distinguiéndolo de la maleza. Moina (2021) presentó el trabajo diseño e implementación de un prototipo para el control de inventarios para producto terminado en una fábrica de cueros, a través de una aplicación WEB de control de inventarios e inteligencia artificial para la predicción de ventas y un autómatas encargado de transportar el producto a su ubicación en el almacén.

En este trabajo se diseñó un sistema de reconocimiento de patrones, que ayudado de una cabina de iluminación permite obtener una imagen estandarizada (poco ruido), que facilita el procesamiento de la imagen a color, se utilizan técnicas de detección de bordes, imagen gris, binarizados, imágenes inversas, etc. para procesar y comparar una imagen dentro de una base de datos de imágenes de calzado utilizando MATLAB, el programa hace un recorrido dentro de la base de datos y busca la coincidencia que tenga el mayor grado de correlación y lo muestra en pantalla, el programa contiene una interfaz de usuario que permite un procesamiento de imágenes de manera amigable para el usuario en tan solo unos segundos.

El sistema de reconocimiento de patrones permite la comparación entre imágenes de calzado con los siguientes resultados: dos imágenes son semejantes cuando el coeficiente de correlación se encuentra en un rango de 78% a 100%. Correlaciones en un rango de 77% a 60% indican que los modelos guardan cierto parecido entre sí. Coeficientes de correlación abajo del 50% indica que los modelos no guardan relación entre sí, es decir, que son muy diferentes. El sistema exhibe en pantalla la imagen de la coincidencia más cercana, a la vez muestra una gráfica de las existencias por talla, lo que permite ofrecer una alternativa al cliente.

El Coeficiente de Correlación de Pearson es una medida de la correspondencia o relación lineal entre dos variables cuantitativas aleatorias. En palabras más simples se puede definir como un índice utilizado para medir el grado de relación que tienen dos variables, ambas cuantitativas. En la ecuación 1, se muestra la fórmula para determinar el grado de relación entre las variables utilizando los puntajes Z.

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N} \quad (1)$$



Dónde:  $\sum ZxZy$  es la suma es la suma de los productos de cada puntaje Z. (Un puntaje Z es un dato transformado que indica a cuántas desviaciones estándar por arriba o por debajo de la media se encuentra un dato en bruto  $Z = (x - \bar{x}) / s$ ). Un coeficiente de correlación puede variar entre +1 y -1, el signo del coeficiente nos indica si la relación es positiva o negativa. El coeficiente describe la magnitud de la correlación, mientras mayor sea el número, mayor será la correlación. (Pagano R. 1999).

De acuerdo con el estado del arte existente, nuestra propuesta utiliza la visión por computadora, las técnicas de procesamiento de imágenes y el reconocimiento de patrones, para realizar consultas de existencias en inventarios, sin la necesidad de tener un código de barras, o un número de estilo, ya que para operar el sistema se requiere de una imagen del modelo de calzado y tiene la ventaja de que cualquier persona puede operar, sin necesidad de depender de experto en inventarios, estas técnicas de visión por computadora permiten hacer un procesamiento rápido de información dentro de las bases de datos, la adquisición de imágenes y la visión por computadora se realiza por medio de MATLAB, permitiendo un procesamiento ágil y eficiente al momento de leer y procesar las imágenes.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de las herramientas utilizadas en el presente proyecto y las estudiadas en el estado del arte y de la técnica.

Tabla 1 Comparación de las herramientas utilizadas entre los métodos estudiados en el estado del arte y la propuesta

Nombre del proyecto	Herramientas utilizadas	Aportación / Logos
Sistema de procesamiento digital de imágenes para el reconocimiento y asociación de patrones en la gestión de inventarios en calzado	Procesamiento digital de Imágenes Cabina de iluminación para estandarizar imágenes Programación en Matlab Base de datos de imágenes y de artículos	Obtención de imágenes normalizadas en cuanto a tamaño y ruido de fondo Reconocer imágenes de calzado Mostrar la posición de los inventarios Interfaz de usuario
Automated Inventory and Order Assistance Using Image Processing Techniques	Herramientas de procesamiento digital de Imágenes	Inventario automatizado Bot capaz de colocar pedidos de forma autónoma.
Gestión Tecnológica mediante código de barras y lector de radio frecuencia (RFid), para identificación, control de materiales y optimización en el almacén	Códigos de barras Lector de códigos de barras Tecnología RFid Ubicación de estanterías	Ubicación de la mercancía, Despacho eficaz a producción
Diseño e implementación de un prototipo para el control de gestión de inventario del producto terminado en la fábrica de cueros El AL-CE basado en inteligencia artificial	Inteligencia artificial	Prototipo para gestión de inventarios en cueros Aplicación WEB para predicción de ventas Autómata para transporte de mercancía
Almacén de datos de Walmart	ERP/MRP	Controla todas las áreas de la empresa, clientes, mercancía, mercancía en tránsito, demanda, pronósticos, ventas, etc.
Desarrollo de una herramienta inteligente centrada en visión artificial y redes neuronales para el reconocimiento de maleza en plantaciones de arroz, usando lenguaje de programación PYTHON”	Visión artificial Redes neuronales	Reconocimiento y diferenciación de las plantas de arroz y la maleza por medio de visión artificial

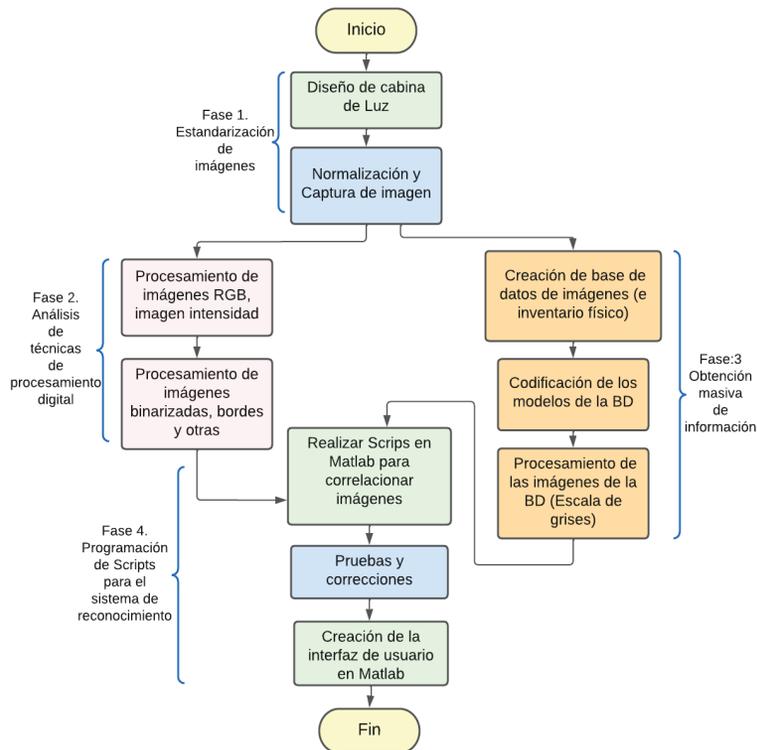
Fuente: elaboración propia



## Métodos

La metodología propuesta para la resolución del problema de gestión de los inventarios se presenta en la Figura 2; en esta metodología se pueden observar 4 fases, en la primera se diseñó una cabina de iluminación para estandarizar el fondo de las imágenes, con el objetivo de que el sistema de reconocimiento sea eficiente; en la fase 2 se analizaron diferentes técnicas de procesamiento digital, para definir la técnica de reconocimiento más adecuada para el tratamiento de las imágenes, las actividades de la etapa 3 corresponden a la fase masiva de obtención de información, esta información es la que alimentará el sistema de inventarios y permitirá la creación de una base de datos de imágenes estandarizadas. Por último, las actividades de la fase 4 corresponden a la programación de los Scripts en MATLAB

Figura 2 Metodología utilizada para ejecución del proyecto de investigación



Fuente. Elaboración propia

A continuación, se describen brevemente los puntos más relevantes de la investigación.

- Diseño de la cabina de luz. Al analizar una imagen por visión por computadora es necesario centrarse en el objeto de interés y eliminar todos los elementos que rodean al objeto de estudio, el ruido al momento de la toma es el ruido más fácil de eliminar, existen técnicas de filtrado de imágenes para eliminar el ruido una vez capturada la imagen, en este proyecto el enfoque fue eliminar la mayor cantidad de ruido al momento de capturar la imagen, para ello se diseñó una cabina de luz que normaliza las imágenes en cuanto a tamaño, posición e iluminación

Figura 3 Cabina de iluminación para adquisición de imágenes



Fuente. Elaboración propia

- Normalización y captura de la imagen. El tamaño de la matriz  $M \times N$  que se genera una vez digitalizada la imagen y a fin de compararla con otra imagen debe guardar proporciones semejantes, con la finalidad de que el reconocimiento sea eficiente, esto se puede optimizar si se utiliza el mismo dispositivo de captura, la misma intensidad de la fuente de radiación y condiciones semejantes al momento de la adquisición de las imágenes; La posición del calzado al momento de la captura es otro de los puntos críticos para lograr un buen reconocimiento, por lo que se debe colocar un POKA-YOKE (Shingo, 1986) que permita situar el calzado en la misma posición.



- Creación de la base de datos: Una vez eliminada la mayor cantidad de ruido procedente del medio ambiente, es posible organizar una base de datos de los modelos existentes en el almacén. El sistema necesita un determinado orden en los datos para poder hacer un barrido y almacenar las diferentes imágenes y vistas dentro de la base de datos. Para poder organizar la información se determinó utilizar para cada estilo un número de modelo diferente, y para cada vista otro.
- Codificación de la base de datos. La visión por computadora identifica los cambios en los píxeles, por lo que es necesario indicarle al ordenador que hay diferencia entre las vistas de un mismo modelo. Por ejemplo: para el primer modelo analizado se organizó en la base de datos con el siguiente nombre: modelo 1\_1 Para la vista lateral externa; modelo 1\_2 Para la vista lateral interna; modelo 1\_3 Para la vista frontal, la organización de la base de datos se puede ver en la Figura 4.

Figura 4 Organización de las imágenes para la base de datos



Fuente. Elaboración propia

- ✓ Procesamiento Digital de imágenes. Para definir la técnica adecuada para el procesamiento de las imágenes se analizan 4 tipos de imágenes en MATLAB (Cuevas, 2010)
  1. Imágenes a color RGB
  2. Imagen de intensidad o escala de grises
  3. Imágenes binarias
  4. Imágenes indexadas

Con la finalidad de identificar la técnica de procesamiento que en conjunto con el coeficiente de correlación de Pearson y obtener un reconocimiento de patrones eficiente, se estudian las siguientes técnicas:

- ✓ Transformaciones de RGB a escala de Grises. El algoritmo más simple para pasar una imagen a color a escala de grises es el del *promedio (average method)*, que consiste en calcular el promedio de los canales RGB y asignarlos al píxel correspondiente en la imagen de grises. Por ejemplo, dada una matriz de  $M \times N \times 3$  correspondiente a una imagen, el píxel de la matriz de grises en la posición  $(i,j)$  se calcula como sigue:

$$XG_{i,j} = X_{i,j,1} + X_{i,j,2} + X_{i,j,3} \quad (2)$$

Donde  $XG$  es la matriz de grises, de dimensiones  $M \times N$ . Y  $X_{i,j,1}$ ,  $X_{i,j,2}$  y  $X_{i,j,3}$  las componentes correspondientes a los canales R, G y B, respectivamente (Rodríguez, 2012). A continuación, se presenta el resultado de procesar una imagen en MATLAB a partir de una imagen RGB a una en escala de grises.

Figura 5 Transformación de una imagen RGB a imagen en escala de grises usando Matlab



Fuente. Elaboración propia



- ✓ La imagen a escala de grises. Una imagen a escala de grises es una matriz cuyos valores han sido escalados para representar un determinado número de intervalos, si la imagen es de tipo uint8, los datos que la conforman se encuentran en el intervalo  $[0, 255]$ , si la imagen es de tipo double, entonces los datos que la constituyen son del tipo flotante y se encuentran en el intervalo  $[0,1]$  (Cuevas, 2010).

Figura 6 Vista lateral externa de dos modelos diferentes de calzado en escala de grises

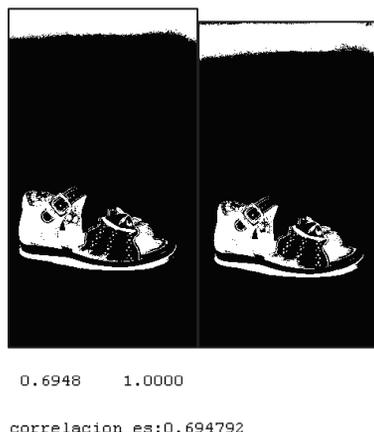


Fuente. Elaboración propia

En la figura 6. Se analizan dos imágenes (ambas en escala de grises) y se comparan para determinar el grado de semejanza que hay entre esas dos imágenes, se realiza un script en MATLAB que permite correlacionar ambas imágenes, los resultados muestran que el coeficiente de correlación de Pearson correspondiente para este caso en particular, es de .657592, lo que indica que las dos imágenes analizadas guardan un parecido del 65.75%. Este porcentaje se encuentra dentro del esperado ya que se trata de modelos diferentes y sin embargo ambos son sandalias.

- ✓ La Imagen Binaria. Se realiza un Script en Matlab a partir de la imagen Gris, se pasan ambas imágenes a imagen binaria con un umbral de estudio de  $>50$ ; para los píxeles con valor de intensidad mayor a 50, los valores de cada píxel se pintan de color blanco y para el valor de  $<150$  para los píxeles menores de 150 los valores se pintan de color negro.

Figura 7 Transformación de una imagen intensidad a una imagen binaria usando MATLAB



*Nota:* Se analizan dos imágenes a partir de imágenes en escala de grises del mismo modelo de calzado, con la técnica de la imagen binaria, umbral >50.  
Fuente. Elaboración propia

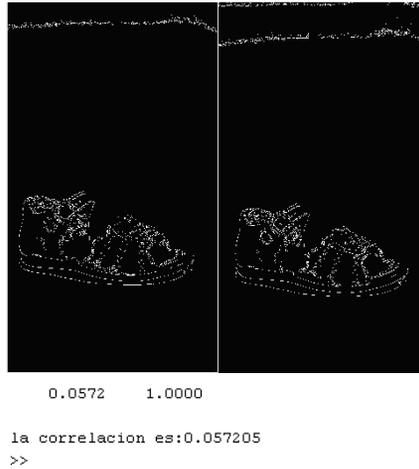
En la Figura 7 se analizan dos imágenes del mismo calzado con la técnica de imagen binaria, y se esperaría que el coeficiente de correlación de Pearson fuera más cercano a 1 (Por qué se trata del mismo modelo de calzado), sin embargo, el coeficiente de correlación indica que ambas imágenes se parecen un 69.47%.

- ✓ Extracción de bordes. Los bordes pueden ser considerados como puntos en una imagen en los cuales la intensidad en una determinada dirección cambia drásticamente. Dependiendo del cambio presentado en la intensidad será el valor del borde para ese punto. El operador Sobel utiliza como filtro una matriz de coeficientes de 3x3, que facilita la posibilidad de configurarlo de tal forma que el ruido no sea vulnerable al ruido propio de la imagen (Cuevas, 2010).



Figura 8

Transformación de una imagen intensidad  
a una imagen con bordes extraídos



*Nota:* Se analizan dos imágenes a partir de imágenes en escala de grises con el uso del operador Sobel para la extracción de bordes  
Fuente. Elaboración propia

Se tienen las mismas dos imágenes del modelo de sandalia y se aplica la máscara Sobel para analizar los resultados al comparar dichas imágenes. El coeficiente de correlación es apenas de .0572 (5.72%) lo que indica que no existe semejanza entre las imágenes una vez aplicado el filtro Sobel, por lo que podemos concluir, que la técnica de extracción de Bordes no es adecuada para el reconocimiento de patrones, debido a que estamos tratando el mismo modelo de calzado y se esperaría un coeficiente de correlación cercano a 1. Se estudian otras técnicas de procesamiento digital, como umbral de binarización, binarizado automático, imagen inversa, etc. Los resultados se resumen en la Tabla 1.

## Resultados

Al realizar la experimentación con las técnicas de procesamiento digital de imágenes, explicadas en la sección anterior, es necesario comparar los coeficientes obtenidos con cada técnica, los resultados para cada técnica se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Resultados de aplicar diferentes técnicas de procesamiento de imágenes en Matlab

Análisis de 2 fotografías del mismo Modelo, tomadas variando la posición de la cámara; Vista Lateral externa- Vista lateral Externa	
Modelo 1: 	Modelo 2: 
Técnica utilizada	Coefficiente de Correlación
Imagen Binaria para $p > 50$ y $\gamma < 150$	69.47%
Imagen Binarizado Automático (level graythres)	49.94%
Binarizado Inverso	49.94%
Binarizado y multiplicado por la imagen RGB	50.03%
Imagen Intensidad (Gris)	<b>74.27%</b>
Detección de Bordes	5.72%

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 1 se observa que la imagen intensidad logró un reconocimiento eficiente, siendo dicha técnica de procesamiento la que obtuvo el máximo grado de correlación (74.27%).

Para analizar si la imagen intensidad es la técnica más eficiente para el reconocimiento es necesario analizar dos modelos diferentes (diferente estilo, diferente color), en dicho caso, se espera que el resultado de comparar estas fotografías tenga un coeficiente de correlación por debajo del 50%, en la Tabla 2 se muestran los resultados de ésta comparación.



Tabla 2 Resultados de aplicar diferentes técnicas de procesamiento de imágenes en Matlab para dos modelos de calzado diferentes

Análisis de 2 fotografías de 2 modelo diferentes; Vista Lateral externa-Vista lateral externa	
Modelo 1: 	Modelo 2: 
Técnica utilizada	Coefficiente de Correlación
Imagen Binaria para $p > 50$ y $< 150$	54.08%
Imagen Binarizado Automático (level graythres)	21.51%
Binarizado Inverso	21.51%
Binarizado y multiplicado por la imagen RGB	20.47%
Imagen Intensidad (Gris)	35.14%
<b>Detección de Bordes</b>	1.40%

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 2 se observa que la imagen intensidad logra un porcentaje de correlación de 35.14% este dato indica que los modelos guardan poca semejanza entre sí, observe que en el caso de detección de bordes el porcentaje de correlación es de 1.40%, esto indica que los modelos no tienen casi nada en común, sin embargo como técnica de reconocimiento no funciona, observe la tabla 1, (en el caso de dos calzados iguales no logra reconocer el porcentaje de semejanza, ya que muestra un porcentaje de semejanza de apenas 5.72%, un porcentaje muy bajo dado que se comparan dos modelos iguales).

Es necesario analizar más combinaciones de estilos para asegurar que la imagen intensidad es la técnica más adecuada para el reconocimiento de patrones. Se analizan y comparan diferentes fotografías, los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Resumen de los resultados obtenidos con las diferentes técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes

Análisis de 2 fotografías de la misma vista pero de diferente Modelo; Vista Lateral Externa-Vista lateral Externa		Análisis de 2 fotografías de la misma vista pero de diferente Modelo; Vista Lateral Externa-Vista lateral Externa	
Modelo 1: 	Modelo 2: 	Modelo 1: 	Modelo 2: 
<b>Técnica utilizada</b>	<b>Coefficiente de Correlación</b>	<b>Técnica utilizada</b>	<b>Coefficiente de Correlación</b>
Imagen Binaria umbral fijo p>50 y <150	55.32%	Imagen Binaria umbral fijo p>50 y <150	12.64%
Imagen Binarizado Automático level (graythresh)	33.76%	Imagen Binarizado Automático level (graythresh)	52.47%
Binarizado Inverso	33.76%	Binarizado Inverso	52.47%
Binarizado y multiplicado por la imagen RGB	32.99%	Binarizado y multiplicado por la imagen RGB	45.61%
Imagen Intensidad (Gris)	<b>65.76%</b>	Imagen Intensidad (Gris)	<b>60.35%</b>
<b>Detección de Bordes</b>	6.03%	<b>Detección de Bordes</b>	1.40%
Análisis de 2 fotografías del mismo modelo, diferente vista; Vista Lateral externa-Vista lateral Interna		Análisis de 2 fotografías de modelo parecidos en color y en forma Vista frontal-Vista frontal	
Modelo 1: 	Modelo 2: 	Modelo 1: 	Modelo 2: 
<b>Técnica utilizada</b>	<b>Coefficiente de Correlación</b>	<b>Técnica utilizada</b>	<b>Coefficiente de Correlación</b>
Imagen Binaria umbral fijo p>50 y <150	48.46%	Imagen Binaria umbral fijo p>50 y <150	33.58%
Imagen Binarizado Automático level (graythresh)	9.25%	Imagen Binarizado Automático level (graythresh)	77.36%
Binarizado Inverso	9.25%	Binarizado Inverso	77.36%
Binarizado y multiplicado por la imagen RGB	8.41%	Binarizado y multiplicado por la imagen RGB	60.18%
Imagen Intensidad (Gris)	<b>54.77%</b>	Imagen Intensidad (Gris)	<b>85.06%</b>
<b>Detección de Bordes</b>	2.39%	<b>Detección de Bordes</b>	2.40%

Fuente. Elaboración propia



Cuando se analizan dos imágenes del mismo modelo, la técnica que mejor funciona para el reconocimiento es la que arroje el mayor índice de correlación (en el resumen de la tabla 3 se observa que es la imagen intensidad), para el caso de comparar imágenes diferentes, se requiere de una técnica que identifique semejanzas morfológicas (nuevamente la imagen intensidad es la que detecta estas diferencias), para el caso de la técnica de bordes (por mencionar un ejemplo) no funciona como técnica de reconocimiento ya que si bien los coeficientes son muy bajos, tampoco se obtienen buenos resultados cuando se comparan imágenes del mismo modelos (es decir los coeficientes siguen siendo bajos, aunque se trate de imágenes del mismo modelo de calzado); las técnicas de binarizado son menos efectivas que la técnica de imagen intensidad, y las técnicas de binarizado inverso, muestran un porcentaje de reconocimiento más bajo que el obtenido con el binarizado de umbral fijo.

Las pruebas de la Tabla 3 sirvieron para definir la técnica de procesamiento digital, el siguiente paso fue crear los scripts en MATLAB para el reconocimiento de patrones, y la asociación de imágenes en la Figura 9 se muestran los resultados:

Al seleccionar una imagen que se encuentra en la base de datos, se ejecutan los ciclos y se calcula el coeficiente de correlación para cada modelo y cada vista, el programa compara la imagen de estudio con el coeficiente de correlación de la base de datos y encuentra el máximo del máximo de los coeficientes. El resultado se muestra a continuación:

Figura 9 Resultado de ingresar un modelo en el sistema de reconocimiento de patrones



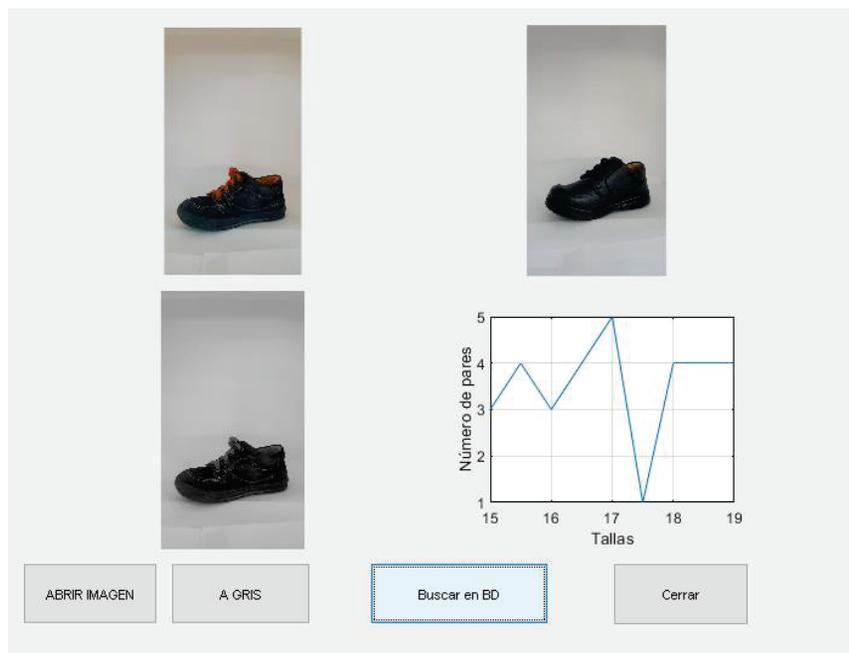
la imagen que mas se parece a la requerida es: la de la imagen mostrada en la figura2  
Con un coeficiente de correlación de:

1

*Nota:* Se analiza la imagen de la izquierda y el programa localiza la imagen de la derecha  
Fuente. Elaboración propia

El programa encuentra una concordancia del 100% ya que el modelo se encuentra en la base de datos. Se realizó una interfaz de usuario que permite hacer consultas por parte del usuario de forma rápida y amigable; esta interfaz tiene la ventaja de que no se requiere de una persona experta en inventarios, cualquier persona puede hacer uso del sistema. La interfaz se muestra en la Figura 10.

Figura 10 Resultado de ingresar un modelo e la interfaz de reconocimiento de patrones



*Nota:* Se ingresa un modelo solicitado por el cliente (vista interna, imagen de la parte superior derecha). El sistema procesa la imagen RGB a imagen intensidad, ejecuta los ciclos programados y el resultado de la búsqueda se muestra en la parte superior derecha (Observe que el sistema muestra una vista interna, como la coincidencia más cercana)

Fuente: Elaboración propia



Esta interfaz permite ingresar un modelo dando clic en el botón “ABRIR IMAGEN”, el usuario selecciona la imagen que desea buscar, posteriormente el usuario debe dar clic en el botón “A GRIS” que pasará la imagen seleccionada de RGB a escala de grises; Al dar clic en “Buscar en BD” se ejecutan los ciclos programados y ante esta situación se pueden dar los siguientes dos casos.

1. El modelo se encuentra en la Base de Datos. Para este caso el sistema encontrará la coincidencia exacta con un coeficiente de correlación de 1; esto indica que el modelo buscado es exactamente igual al de la base de datos, y por lo tanto los datos del inventario nos indican las cantidades en existencia del modelo por tallas.
2. El modelo no se encuentra en la Base de Datos. Si este es el caso, el sistema buscará siempre un modelo para mostrar, en caso de que encuentre algo similar, el programa mostrará la coincidencia más cercana al modelo de estudio, y el coeficiente de correlación indicará el grado de relación entre las dos imágenes, esto ayudará al vendedor a mostrar la alternativa propuesta por el sistema al cliente.

Si lo que se desea es estudiar un modelo que no sabemos si se encuentra dentro de la base de datos (Se puede presentar que el cliente diga que quiere algo similar y señalar un modelo), el programa pide una imagen, el usuario le asigna la ruta, se ejecutan los ciclos y el programa encuentra el modelo que presenta el máximo de correlación, para el caso concreto los resultados se muestran en la Figura 11

Figura 11 Resultado de ingresar un modelo en el sistema de reconocimiento de patrones



la imagen que mas se parece a la requerida es: la de la imagen mostrada en la figura2  
Con un coefiente de correlación de:  
0.8530

Nota: : Imagen estudiada en la izquierda y el resultado de búsqueda se muestra a la derecha  
Fuente: Elaboración propia

Para este análisis se seleccionó un zapato negro de niña, que guarda cierto parecido con un modelo de la base de datos, ya que ambos son calzado escolar y el coeficiente de correlación es del 85.30%. Observe que el sistema es capaz de reconocer entre vistas, por ejemplo, si el modelo de entrada es una vista lateral interna, el sistema busca una coincidencia de otra vista lateral interna, por lo que el sistema de reconocimiento de patrones es eficaz.

Los resultados alcanzados durante el desarrollo de la presente investigación son:

- ✓ Se logró reconocer mediante imágenes las diferencias (semejanzas morfológicas) entre un modelo de calzado y otro; El programa diseñado en Matlab es capaz de reconocer entre dos vistas del mismo modelo. El sistema para identificar calzado con vistas de imagen lateral y frontal es capaz de capturar las imágenes, estas imágenes al colocarlas en la caja normalizada guardan consistencia entre sí, de acuerdo con las condiciones de luminancia, tamaño y posición.
- ✓ El sistema es capaz de diferenciar entre un grupo de imágenes pertenecientes al mismo modelo de calzado (Distingue las diferencias entre las tres vistas del mismo modelo). Las imágenes fueron exitosamente procesadas usando Matlab y algoritmos de reconocimiento de patrones; se logró identificar el tipo de calzado mediante un algoritmo computacional dentro de una base de datos de calzado; se logró encontrar el calzado más similar al buscado.
- ✓ Se diseñó una interfaz gráfica de usuario, que proporciona un entorno visual sencillo para que el usuario se comunique con el sistema diseñado, de esta manera, cualquier persona puede manejar el programa solamente dando clic en los botones, esto hace que el programa sea amigable con el usuario y sencillo en su manejo.
- ✓ El sistema de reconocimiento tiene un 1 de coeficiente de correlación para imágenes que se encuentran dentro de la base de datos (es decir, para modelos guardados en la base de datos de imágenes, el porcentaje de concordancia es del 100%). Dos imágenes son semejantes cuando el coeficiente de correlación se encuentra en un rango de 78% a 100%. Correlaciones en un rango de 77% a 60% indican que los modelos guardan cierto parecido entre sí. Coeficientes de correlación debajo del 50% indica que los modelos no guardan relación entre sí, es decir, que son diferentes, el sistema arroja en pantalla el coeficiente de correlación al estudiar un modelo.



## Discusión

Los sistemas tradicionales de control de inventarios, requieren un código de barras para acceder a la información de los inventarios, en algunos casos, se necesita el código del modelo, la mayoría de las veces los empleados no tienen la capacidad de recordar los códigos de los modelos y mucho menos puede recordar la cantidad existente en el inventario, la complejidad aumenta al tener diferentes cantidades por talla, este sistema permite la consulta del estado de las existencias por medio de una imagen muestra de calzado, logra hacer un reconocimiento y es capaz de acceder a la base de datos, despliega en pantalla las cantidades existentes por pares y tallas, esto permite que cualquier persona pueda realizar la consulta del estado de las existencias, sin necesidad de ser experto en inventarios.

Los programas de control de inventarios que utilizan tecnologías RFID, están siendo superadas por la visión artificial, en parte debido a la amplia disponibilidad de aparatos de captura de imágenes y por el abaratamiento de dichos dispositivos, de igual manera los dispositivos de radiofrecuencia requieren de una gran inversión para su implementación, por otra parte, los sistemas MRP son costosos y requieren de capacitaciones y seguimiento especializado para lograr el éxito, la ventaja de este sistema de control de inventarios sobre los sistemas convencionales, es que hace uso de la visión por computadora para comunicar mediante imágenes, mientras otros sistemas requieren de dispositivos o de lectores para acceder a la información de los inventarios.

## Conclusiones

Durante la presente investigación se obtuvo un sistema de visión por computadora capaz de procesar un modelo mediante una imagen digital, el presente trabajo logró utilizar un arreglo experimental que minimiza el ruido y normaliza las imágenes, permite simplificar el procesamiento digital de imágenes facilitando el reconocimiento de patrones en una base de datos. Esta innovación permite ahorrar tiempo de cómputo y se puede realizar en una computadora sencilla con un alto grado de desempeño, en lugar de utilizar máquinas más caras y técnicas que requieren adecuaciones constantes por parte de los programadores y capacitaciones durante las implementaciones, el sistema tiene la capacidad de detectar entre modelos de vistas diferentes y acceder a la información de la base de datos, para consultar existencias disponibles en el inventario; se obtuvo una interfaz de usuario capaz de procesar cualquier imagen y la compara con todos los modelos del inventario, muestra en pantalla el modelo que presenta un coeficiente de correlación más cercano a 1, a la vez que despliega en pantalla las cantidades existentes por talla de dicho estilo de calzado.

Temas de actualidad, como el expuesto durante la presente investigación, donde se ha intensificado el uso de imágenes para comunicar, la interacción del usuario con herramientas computacionales es masivo, por lo tanto, se requiere diseñar programas que apoyen en la solución de problemas de las empresas como es el problema de los inventarios, utilizando cada vez más las herramientas de visión artificial que tenemos disponibles, es indudable que estas aplicaciones están cambiando la forma de administrar las tareas de la vida cotidiana y de la administración.

Esta investigación se enfoca en el tema de reconocimiento de patrones, donde uno de los grandes problemas es la normalización de las imágenes a evaluar y la eliminación de la información del fondo y ruido, debido a la alta complejidad de los algoritmos a utilizar, además del tamaño de las imágenes y de las bases de datos, implica contar con sistemas de cómputo caros, que además no garantizan un excelente desempeño por la gran cantidad de procesamiento; es por ello que lograr un sistema que normalice imágenes desde la toma y minimice el ruido nos permite utilizar herramientas y algoritmos de menor tiempo de ejecución con resultados excelentes y resolver tareas tecnológicas en áreas de oportunidad comercial como el control de inventarios y a precios competitivos, además esta investigación, tiene aplicación potencial en otras industrias o áreas, por ejemplo: en área de control de calidad, debido a que permite encontrar atributos que el ojo humano no es capaz de detectar, por lo tanto, se puede aplicar en la línea de producción para control de calidad automatizado.

Por último, para futuras investigaciones se recomienda, que el diseño del dispositivo de normalización de la imagen, utilice dispositivos electrónicos y sensores para estandarizar la calidad de las imágenes. Se puede complementar el presente proyecto agregando una interfaz y capturar el modelo en tiempo real, y utilizar las herramientas de *Image Acquisition Tools*, se sugiere anexar al presente proyecto un módulo de ventas y un módulo de alta de inventarios, para generar estadísticas como demanda promedio ocurrida, establecimiento de inventarios y colocación de órdenes autónoma, para el fortalecimiento y automatización de la cadena de suministro.

## Referencias

- Chase, R., Jacobs F. y Aquilano N. (2006). *Administración de Operaciones, Producción y cadena de suministros*, McGraw-Hill, México D.F
- Cuevas E., Zaldívar D. Pérez M. (2010). *Procesamiento digital de imágenes con MATLAB y Simulink*, Alfaomega, México.
- Godinez González L.M. (2008). *RFID: Oportunidades y riesgos, su aplicación práctica*, Alfaomega. <https://www.casadellibro.com/libros-ebooks/luis-miguel-godinez-gonzalez/148701>



- Kishan Kumar, R., Naveen Prakash, Naren Subra M. V., A.Alice Linsie y V.Gokul. (2022) *Automated Inventory and Order Assistance Using Image Processing Techniques*, [Department of Electronics and Communication Engineering, SRM Institute of Science and Technology, Ramapuram, Chennai, India], DOI:10.1109/ACCAI53970.2022.9752546
- Moina Alvarez V.B y Changoluisa Chillagana J. L., (2021), *Diseño e implementación de un prototipo para el control de gestión de inventario del producto terminado en la fábrica de cueros El AL-CE basado en inteligencia artificial*, [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador].<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15965>
- Moreira Rodríguez J.C. y Tobar Molina, D.L, (2022) *Desarrollo de una herramienta inteligente centrada en visión artificial y redes neuronales para el reconocimiento de maleza en plantaciones de arroz, usando lenguaje de programación PYTHON* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59849>
- Pagano R.R. (1999). *Estadística para las ciencias del comportamiento*, Thomson, México.
- Rodríguez Morales R., Sossa Azuela J.M. (2012). *Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes*, Alfaomega, México, D.F.
- Schroeder R., Meyer S. y Rungtusanatham M. (2011) *Administración de operaciones conceptos y casos contemporáneos*, MCGraw-Hill, México D.F.
- Shingo, Shigeo (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System*. Cambridge, Ilustrada.

