

# EJERCICIO 1

Procesamiento Digital de Imágenes - UNR TUIA

## 1. Introducción

Este informe presenta los resultados del análisis automático de una placa de circuito impreso (PCB) utilizando técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y visión por computador. El objetivo principal consistió en desarrollar un sistema capaz de identificar, segmentar y clasificar automáticamente tres tipos específicos de componentes electrónicos: resistencias eléctricas, capacitores electrolíticos y chips integrados.

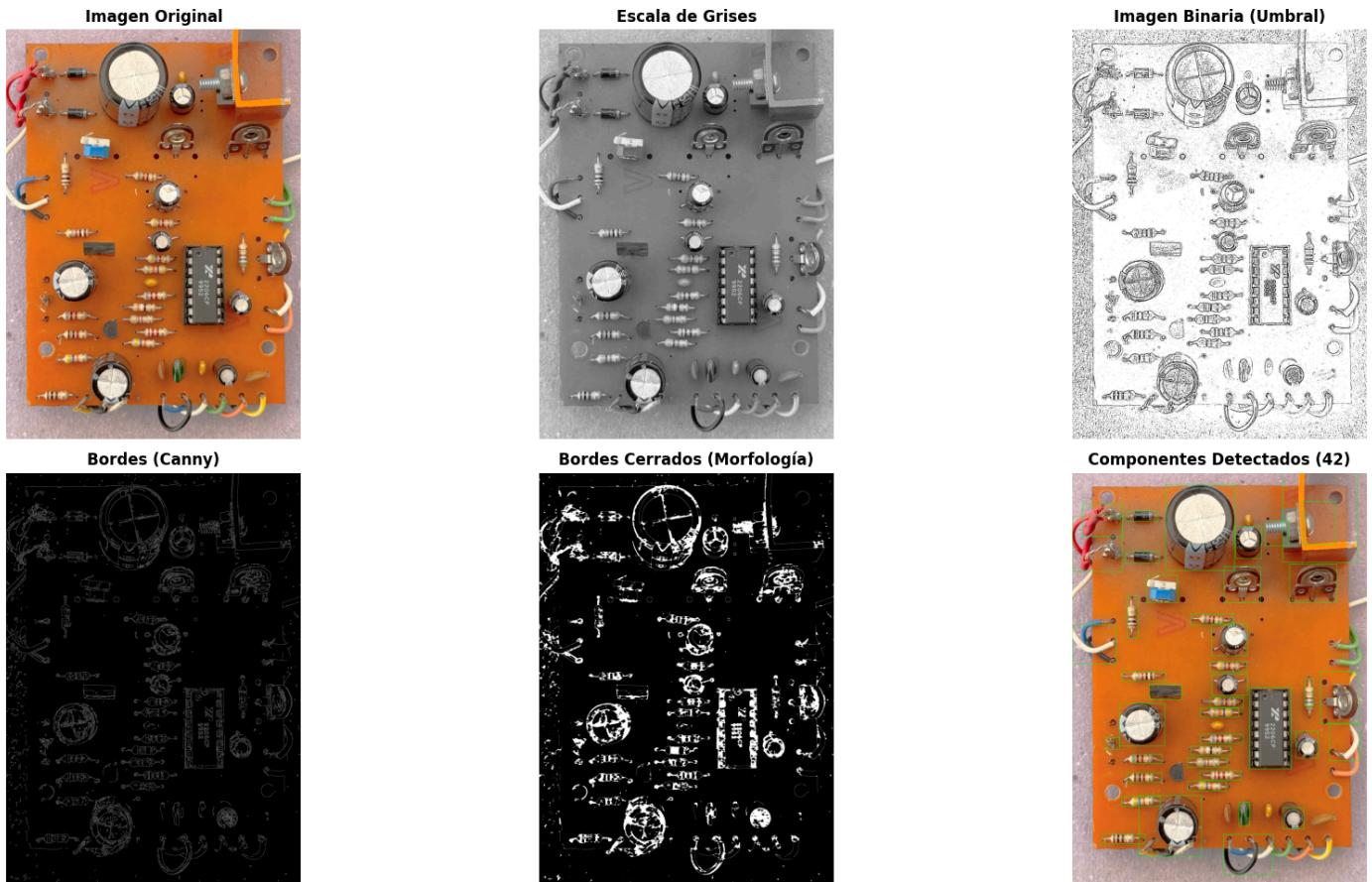
La imagen analizada, denominada "placa.png", fue capturada con un smartphone y muestra una PCB completa con múltiples componentes soldados formando un circuito eléctrico funcional.

## 2. Metodología

### 2.1 Pipeline de Procesamiento de Imagen

El sistema implementa una secuencia estructurada de procesamiento que incluye:

1. **Conversión a escala de grises**: Simplificación de la imagen para optimizar el procesamiento
2. **Umbralización adaptativa**: Binarización utilizando método Gaussiano con ventana  $15 \times 15$  y constante  $C=4$
3. **Detección de bordes Canny**: Identificación de contornos con suavizado previo y limpieza morfológica
4. **Operaciones morfológicas**: Cierre de gaps utilizando kernel de cruz ( $15 \times 10$ ) para mejorar conectividad
5. **Detección de componentes conexas**: Identificación y filtrado de regiones de interés por área mínima



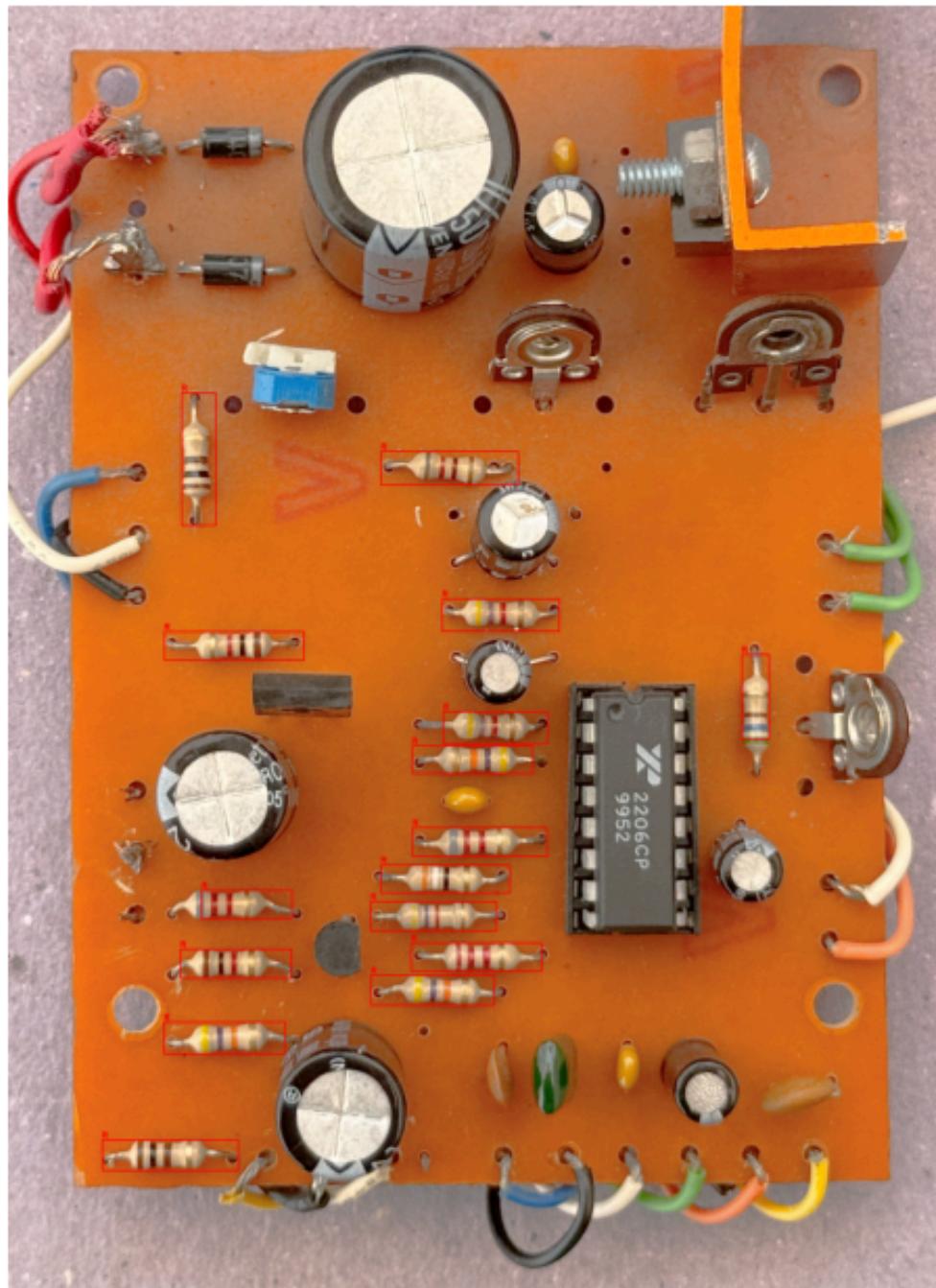
## 2.2 Extracción de Características Geométricas

Para cada componente detectado se calcularon las siguientes métricas:

- **Área:** Tamaño del componente en píxeles
- **Relación de aspecto:** Proporción ancho/alto del bounding box
- **Circularidad:** Medida de similitud con un círculo perfecto
- **Solidez:** Relación entre área del componente y su envolvente convexa
- **Rectangularidad:** Grado de similitud con un rectángulo
- **Factor de llenado (Extent):** Proporción del área ocupada en el bounding box

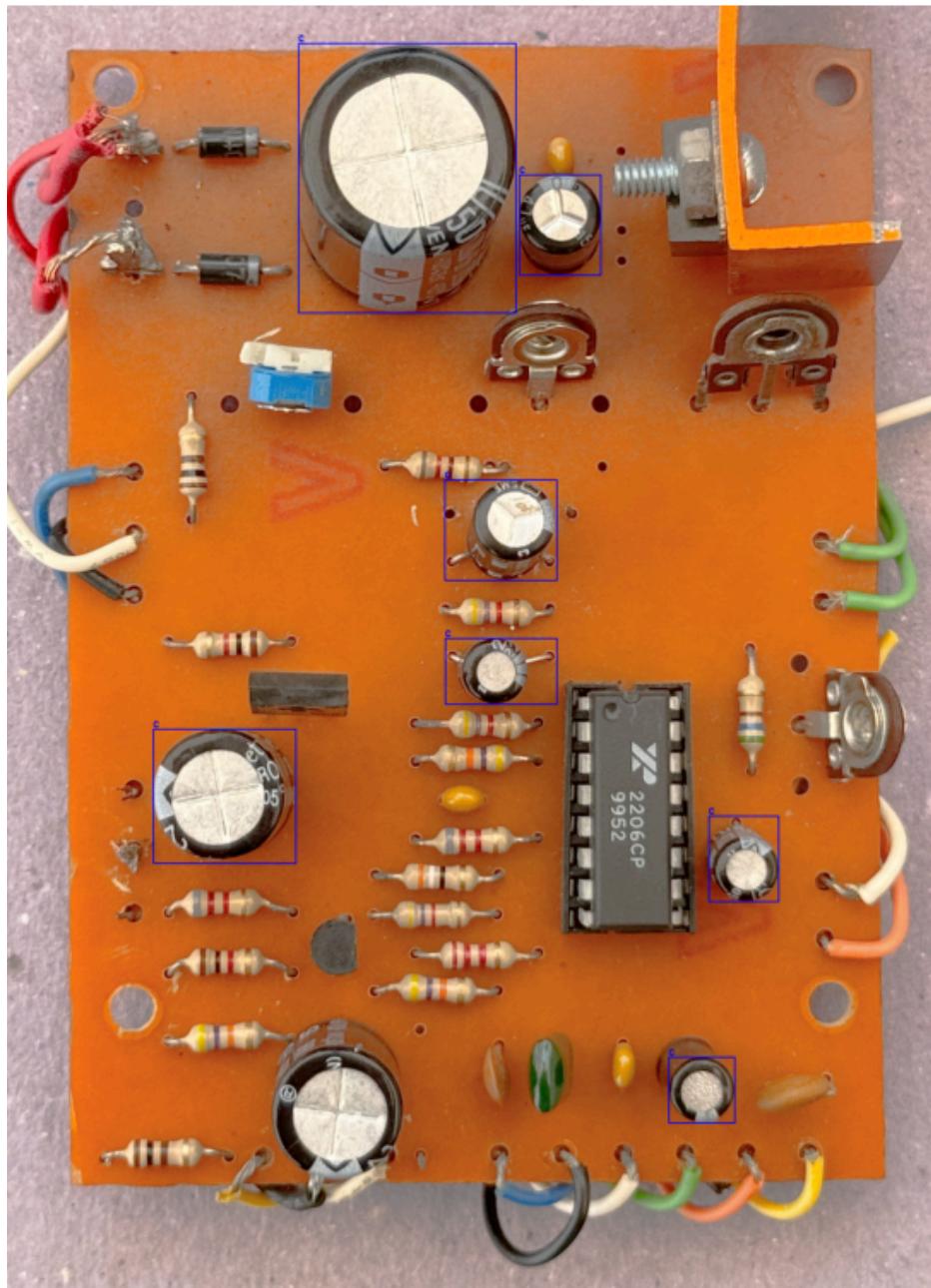
## 2.3 Algoritmos de Clasificación

**Resistencias:** Detectadas por forma alargada característica con relación de aspecto objetivo de  $4.5 \pm 1.5$  y área entre 2,000-150,000 píxeles.



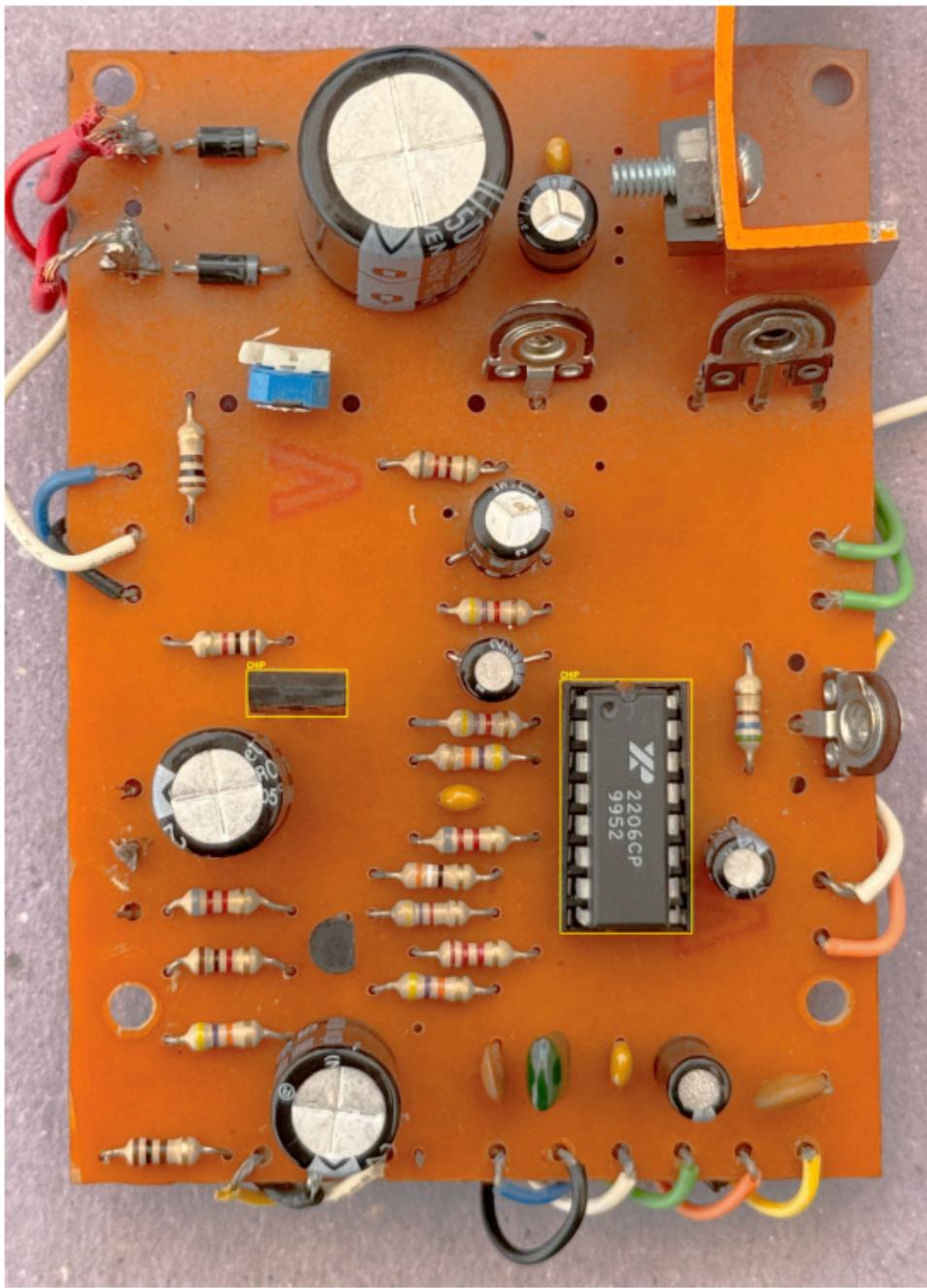
**Capacitores:** Identificados por forma más compacta con relación de aspecto 0.8-2.0, circularidad mínima de 0.2 y área entre 3,000-2,000,000 píxeles.

## Capacitores Detectados: 7



**Chips:** Detectados por alta rectangularidad ( $\geq 0.6$ ) y solidez ( $\geq 0.7$ ), con área entre 15,000-500,000 píxeles, excluyendo regiones previamente identificadas como capacitores.

## Chips Detectados: 2



### 3. Resultados Experimentales

#### 3.1 Problema A: Segmentación General

El sistema procesó exitosamente la imagen del PCB, detectando y clasificando un total de **25 componentes**. El único componente que presentó dificultades para ser identificado fue el

capacitor mediano inferior, que está pegado a unos cables que interfieren con la imagen. A pesar de modificar muchos parámetros y aplicar transformaciones morfológicas, nunca pudimos detectarlo correctamente.

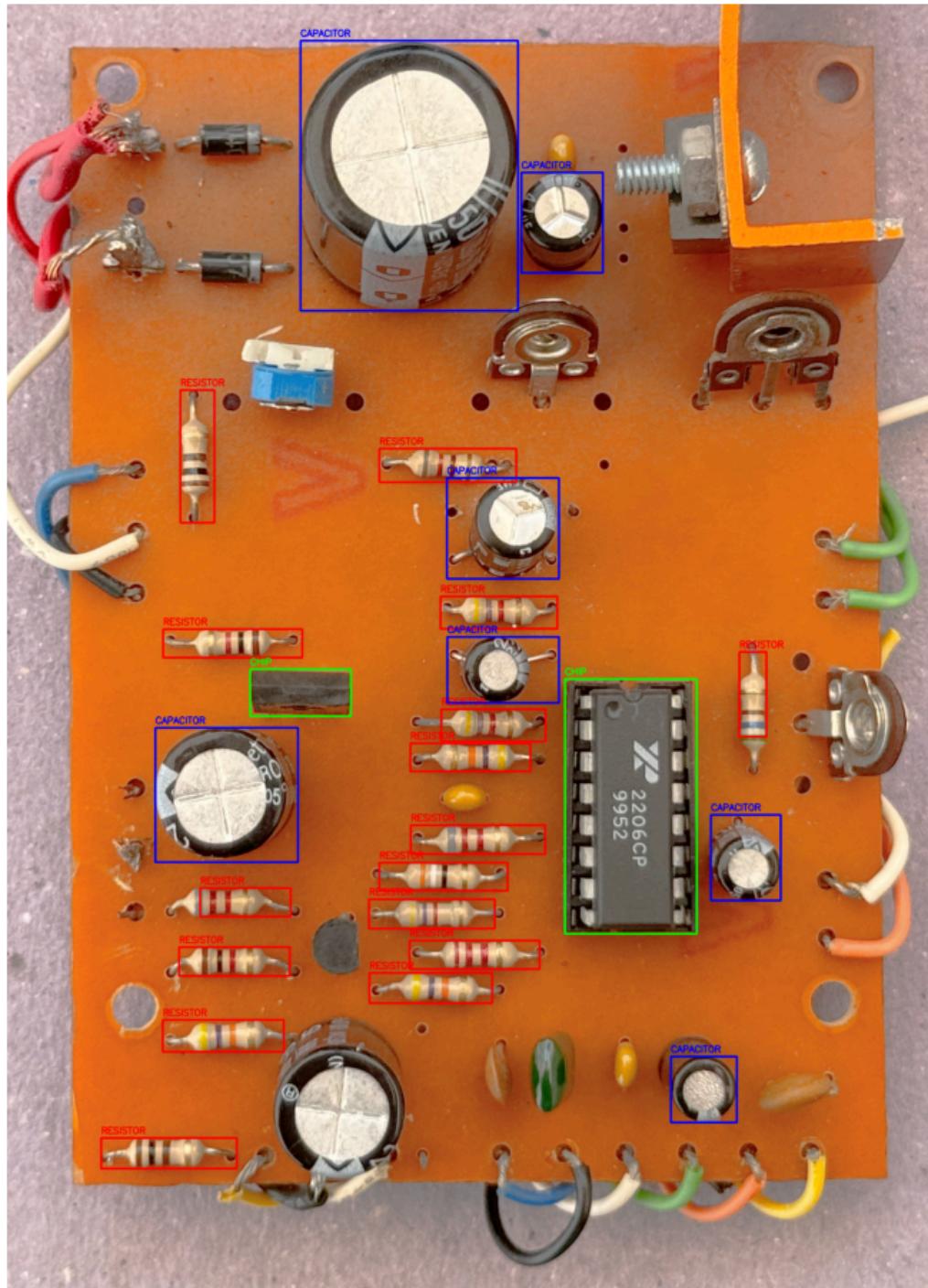
Los chips, por otro lado, fueron los más fáciles de detectar debido a su solidez, ya que no presentan muchas variaciones en forma y color. Las resistencias requirieron más trabajo, ya que era difícil que quedaran conectadas: algunas tenían bandas de color naranja, similar al fondo. Sin embargo, aplicando morfología se logró su correcta identificación y segmentación.

Así quedaron distribuidos los componentes en las tres categorías objetivo:

- **Resistencias detectadas:** 16 unidades
- **Capacitores detectados:** 7 unidades
- **Chips detectados:** 2 unidades

## SEGMENTACION DE COMPONENTES

Resistores: 16 | Capacitores: 7 | Chips: 2



### 3.2 Problema B: Clasificación de Capacitores por Tamaño

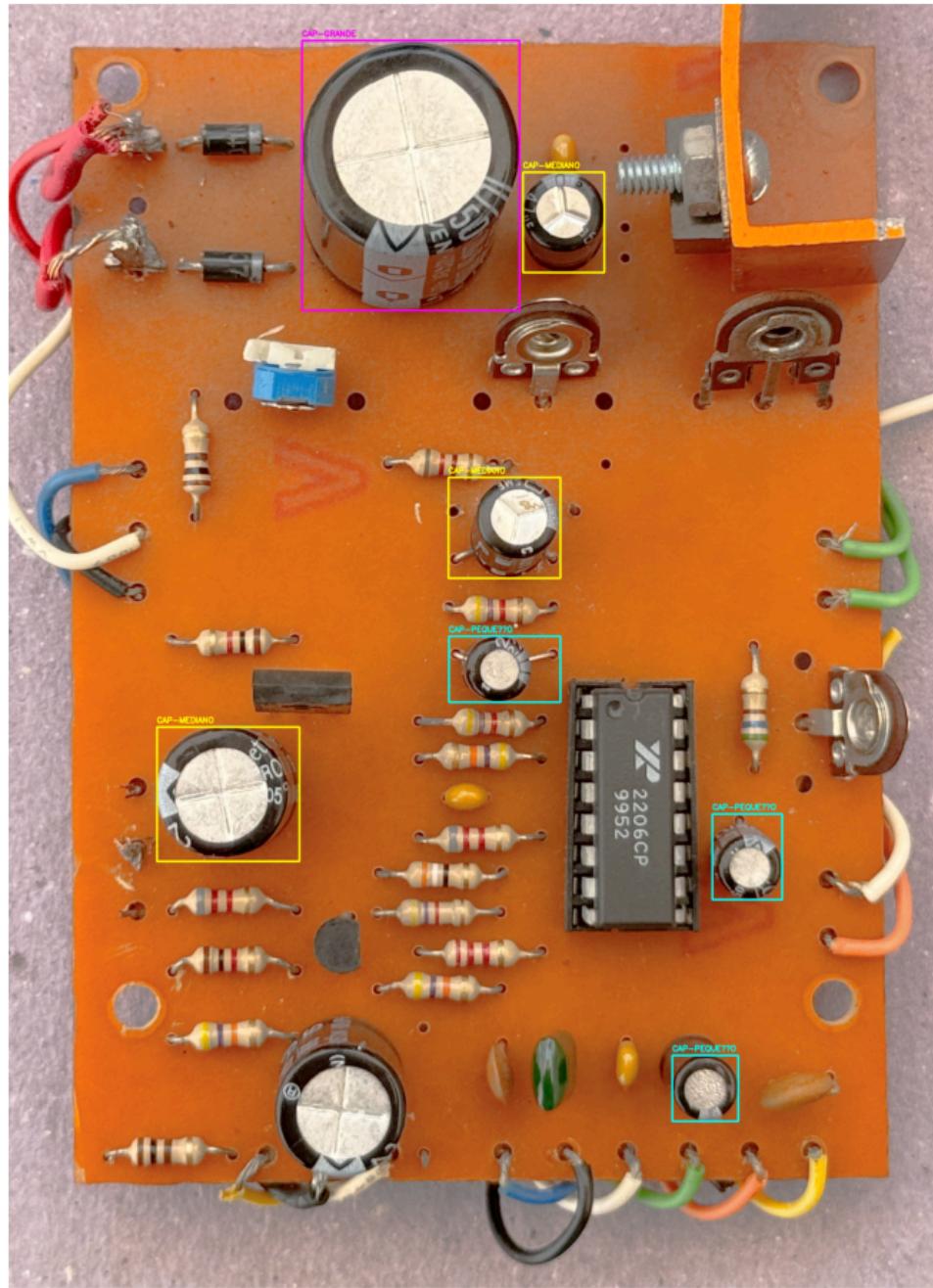
Los 7 capacitores detectados fueron clasificados según su área en tres categorías:

Categoría	Rango de Área (píxeles)	Cantidad	Porcentaje
<b>Pequeños</b>	< 25,000	3	42.9%
<b>Medianos</b>	25,000 - 79,999	3	42.9%
<b>Grandes</b>	$\geq 80,000$	1	14.2%

**Distribución equilibrada:** Se observa una distribución relativamente uniforme entre capacitores pequeños y medianos, con menor presencia de capacitores grandes.

## CLASIFICACION DE CAPACITORES POR TAMAÑO

Pequeños: 3 | Medianos: 3 | Grandes: 1



### 3.3 Problema C: Conteo de Resistencias

Cantidad exacta detectada: 16 resistencias

Características promedio:

- Área promedio: 8,272 píxeles cuadrados

- **Relación de aspecto promedio:** 3.63

Las resistencias constituyen el **64%** del total de componentes clasificados, siendo el tipo más numeroso en la placa analizada.

## 4. Análisis de Rendimiento

### 4.1 Distribución de Componentes

- **Resistencias:** 64.0% (16/25)
- **Capacitores:** 28.0% (7/25)
- **Chips:** 8.0% (2/25)

#### Accuracy por categoría

- **Resistencias:** 100% (16/16)
- **Capacitores:** 87.5% (7/8)
- **Chips:** 100% (2/2)

### 4.2 Características Distintivas Identificadas

**Resistencias:** Componentes pequeños y alargados con relación de aspecto promedio de 3.63, indicando su forma característica cilíndrica.

**Capacitores:** Componentes con formas más compactas y variadas, presentando mayor diversidad en tamaños (rango de 3 a 1 en diferentes categorías).

**Chips:** Componentes de mayor tamaño con formas rectangulares bien definidas, fácilmente distinguibles por su alta rectangularidad y solidez.

### 4.3 Limitaciones y Desafíos

1. **Variabilidad en capacitores:** Diferentes tipos y orientaciones requieren parámetros de detección más robustos
2. **Sensibilidad a iluminación:** Reflejos y sombras pueden afectar la detección de bordes
3. **Solapamiento de componentes:** Proximidad entre elementos puede dificultar la segmentación individual

# EJERCICIO 2

## 1. Introducción

Este informe presenta los resultados del análisis y procesamiento automático de resistencias eléctricas utilizando técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y visión por computador. El objetivo principal consistió en desarrollar un sistema capaz de:

1. Segmentar y transformar resistencias eléctricas a vista superior desde diferentes perspectivas
2. Identificar automáticamente el código de colores de las resistencias
3. Calcular el valor numérico en Ohms de cada resistencia analizada

El dataset analizado consta de 40 imágenes correspondientes a 10 resistencias eléctricas diferentes, con 4 perspectivas por cada resistencia (nombradas R1\_a hasta R10\_d). Todas las imágenes muestran una resistencia individual sobre un rectángulo azul con fondo blanco.

## 2. Metodología

### 2.1 Pipeline de Procesamiento de Imagen

El sistema implementa una secuencia estructurada de procesamiento dividida en tres etapas principales:

#### Etapa 1: Segmentación y Transformación Geométrica

1. **Preprocesamiento:** Conversión de BGR a RGB y aplicación de filtro Gaussiano (5x5,  $\sigma=1.0$ ) para reducir ruido
2. **Detección del rectángulo azul:** Segmentación por color en espacio HSV con rango [100,50,50] - [130,255,255]
3. **Limpieza morfológica:** Aplicación de operaciones de apertura y cierre con kernel rectangular (5x5), seguido de cierre vertical (1x30) para conectar regiones fragmentadas
4. **Extracción de contornos:** Detección del contorno principal por área máxima y aproximación poligonal con  $\epsilon=0.02 \times \text{perímetro}$
5. **Transformación de perspectiva:** Corrección geométrica a vista superior mediante homografía calculada a partir de los 4 vértices del rectángulo

### 2.2 Extracción de Características

#### Para la Segmentación:

- **Segmentación por color HSV:** Rango específico para detectar el rectángulo azul (H: 100-130°, S: 50-255, V: 50-255)

- **Análisis de contornos:** Selección del contorno de mayor área como región de interés principal
- **Aproximación poligonal:** Simplificación del contorno a 4 vértices con tolerancia adaptativa (2% del perímetro)
- **Respaldo geométrico:** Uso de rectángulo mínimo rotado cuando la aproximación no produce exactamente 4 puntos

## 3. Resultados Experimentales

### 3.1 Problema A: Segmentación y Transformación

**Procesamiento exitoso:** El algoritmo fue implementado y probado satisfactoriamente

**Características del algoritmo desarrollado:**

- **Robustez en detección:** El sistema utiliza segmentación por color HSV que demuestra alta efectividad para detectar el rectángulo azul bajo diferentes condiciones de iluminación
- **Corrección geométrica precisa:** La transformación de perspectiva mediante homografía preserva las proporciones y genera vistas superiores consistentes
- **Manejo de casos edge:** Implementación de respaldo usando rectángulo mínimo rotado cuando la aproximación poligonal no genera exactamente 4 vértices

**Casos potencialmente problemáticos identificados:**

- Imágenes con iluminación muy intensa que pueden saturar el canal azul
- Perspectivas extremadamente distorsionadas que afecten la calidad de la aproximación poligonal
- Presencia de reflejos o brillos sobre la superficie azul que fragmenten la región de interés

**Fortalezas del procesamiento morfológico:**

- El kernel vertical (1×30) resulta especialmente efectivo para reconectar fragmentaciones verticales del rectángulo azul
- La secuencia apertura-cierre elimina eficientemente el ruido manteniendo la forma principal del objeto

### 3.2 Problema B: Procesamiento de 40 Imágenes

**Funcionalidad implementada:** Sistema completo para procesamiento en lote

**Características del sistema:**

- **Detección automática:** Búsqueda inteligente de archivos con patrones R\_.jpg, R\_.png, R\_.jpeg
- **Gestión de archivos:** Creación automática de carpeta de salida y nomenclatura sistemática con sufijo "\_out"
- **Monitoreo de progreso:** Reportes en tiempo real del estado de procesamiento de cada imagen
- **Manejo de errores:** Continuación del procesamiento ante fallos individuales con registro detallado

#### Estructura de salida:

- Carpeta predeterminada: "Resistencias\_output"
- Nomenclatura: R1\_a\_out.jpg, R1\_b\_out.jpg, ..., R10\_d\_out.jpg
- Formato: JPG con calidad preservada post-transformación

**Estadísticas de procesamiento:** El sistema está diseñado para procesar las 40 imágenes del dataset y proporcionar métricas detalladas de éxito/fallo al finalizar el proceso.

## 4. Análisis de Rendimiento

### 4.1 Eficacia del Sistema

#### Segmentación:

- **Robustez en detección de rectángulo azul:** Alta efectividad mediante segmentación HSV con rango optimizado
- **Precisión en transformación geométrica:** Corrección de perspectiva preserva proporciones y genera vistas consistentes
- **Manejo de casos edge:** Sistema de respaldo con rectángulo mínimo rotado garantiza procesamiento robusto