

---

---

## ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES POR MEDIO DE TÉCNICAS COMPUTACIONALES



Hugo G. González-Hernández y Mario Farías-Elinos  
Laboratorio del Centro de Investigación, Universidad La Salle

### RESUMEN

En el presente trabajo se muestra un programa especializado para el procesamiento y análisis de imágenes con formato estándar proveniente de un digitalizador de imágenes (frame grabber). Con este programa, desarrollado por los autores es posible aplicar diferentes técnicas computacionales de mejoramiento de imágenes, filtros, espectros en frecuencia, análisis morfológicos, segmentado de regiones, procesamientos puntuales o por áreas, y otros más. Estas técnicas son aplicadas tanto para Medicina como para Robótica y Visión Artificial y pueden ser extendidas para otras aplicaciones.

### ABSTRACT

In the present work, we present a specialized program for image processing and analysis in a standard format which come from a image digitizer (frame grabber). With this program, developed by the authors, it is possible to apply different computational techniques for image correction, filters, frequency spectrums, morphological analysis, region segmentation, point and area processes, and others. This techniques are applied in Medicine, in Robotics and in Artificial Vision, and they can be extended to other applications.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad los paquetes comerciales de procesamiento de imágenes son relativamente caros, el presente trabajo muestra un conjunto de técnicas implementadas (librerías) integradas en un solo programa. El Procesamiento de Imágenes es una disciplina relativamente joven que, debido al actual desarrollo de las computadoras a bajo precio y de mayor rendimiento, ha ido evolucionando. Ahora es posible llevar a cabo procesamientos relativamente complicados en una computadora personal, lo que antes era casi exclusivo para estaciones de trabajo.

En medio de esta evolución la Visión Artificial ha ido también desarrollándose hacia diferentes áreas, principalmente en ambientes médicos e ingenieriles donde es necesario ya sea mejorar la imagen, resaltar ciertas características de la imagen o reconocer parte de ella y separarla o hacer un cierto procesamiento solo a una región de la imagen. El trabajo se presenta dividido en dos secciones

principalmente, la sección de Técnicas de Procesamiento y la de Aplicaciones.

### TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO

Es necesario el contar con una tarjeta digitalizadora que nos permita adquirir la señal de la cámara que capta la imagen. Actualmente en el mercado se cuenta con diferentes tarjetas de adquisición como la VideoBlaster, Matrox y muchas más. En nuestro Laboratorio se realizó una tarjeta capaz de digitalizar una señal de video estándar NTSC. Con esta tarjeta es posible obtener una imagen en formato estándar PCX que se puede ya sea almacenar en memoria o en pantalla para su posterior utilización.

La imagen adquirida no siempre es la ideal para realizar alguna tarea específica; es necesario llevar a cabo cierto preprocesamiento que consiste, generalmente, en quitar el ruido a la imagen por medio de diferentes filtros, o mejorar el contraste debido a una falta o exceso



de iluminación o tal vez reescalar los niveles de gris para mejorar la percepción de la imagen. Hasta ahora, la implementación de técnicas automáticas que permitan seleccionar un mejoramiento de la imagen es bastante complicada. Esta tarea se realiza en forma interactiva como prueba y error.



Imagen original con 256 tonos de gris.

### Contraste

El ajuste de contrastes es siempre necesario hacerlo para el proceso de adquisición de la imagen. La iluminación puede no ser uniforme, el nivel de cuantización de la imagen puede ser muy alta o baja. En la mayoría de los casos es posible corregir o mejorar la imagen cambiando el rango o frecuencia relativa de los niveles de gris.

El contraste se define como:

$$C(i, j) = I(i, j) + h$$

donde:

- $h$  La intensidad de luz.
- $I$  La imagen de entrada.
- $C$  La imagen de salida.



Contraste negativo de la imagen.



Contraste positivo de la imagen.

### Imagen negativa

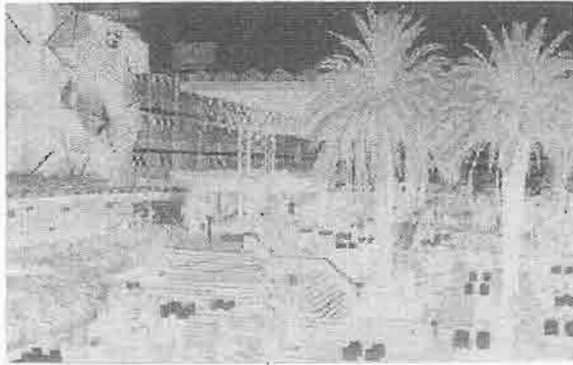
Esta puede ser obtenida por el escalamiento inverso de los niveles de gris de acuerdo a la transformación

$$V = V + b$$

donde:

- $V$  es la intensidad del pixel.
- $b$  valor inverso a partir del umbral.

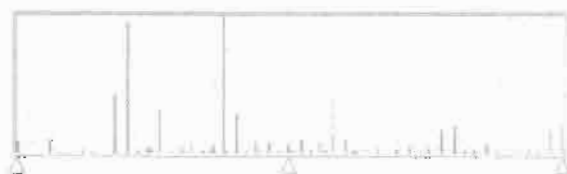
La digitalización negativa es empleada en el despliegado de imágenes médicas y en la producción de impresiones negativas de imágenes.



Negativo de la imagen.

### Histograma

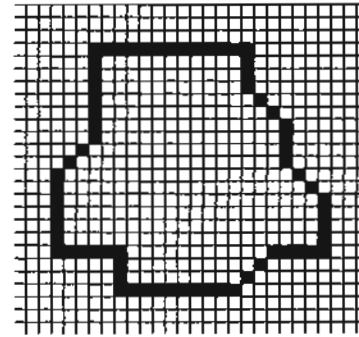
En esta técnica lo que se obtiene es la distribución de los niveles de gris de una imagen. Con esta información se puede saber la cantidad de píxeles con un tono de gris en especial. Esta información permite realizar diferentes tipos de mejoramiento como ecalización del histograma obteniendo imágenes con una distribución uniforme de grises. El histograma de la imagen que se obtiene es la que a continuación se presenta:



Histograma de la imagen.

### Códigos de cadena

Entre las técnicas de compresión de imágenes contamos con ésta que puede realizarse con conexidad-4 o con conexidad-8. La que se presenta es la de conexidad-8. Se basa en obtener una cadena de números que nos permitan almacenar y reconstruir la imagen en cualquier momento. Dicho código describe la forma del contorno de una imagen binarizada. El código consiste en la asignación de números para las diferentes direcciones de avance tomando como referencia un punto inicial.

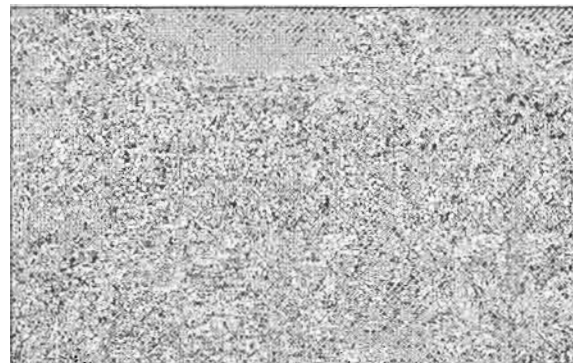


El código de cadena resultante del programa es: 666666655566666600000666000000001110000222233322233322244444444444.

### Detección de Contornos

Para la detección de los bordes, se utiliza una aproximación discreta del Laplaciano en dos dimensiones.

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$
$$= -f(x,y-1) - f(x-1,y) - f(x+1,y) - f(x,y+1) + 4f(x,y)$$



Detección de contornos con Laplaciano.

Existen otras convoluciones como la dirección de contornos, el corrimiento de contornos, etc.



### Filtro de mediana

Aquí el pixel de entrada es reemplazado por la media de los pixeles contenidos en una ventana alrededor del pixel, esto es,

$$I_o(x,y) = \text{media}\{I_i(x+k, y+l), \forall k, l \in [-1,0,1]\}$$

donde:

$I_o$  es la imagen de salida.  
 $I_i$  es la imagen de entrada.

Generalmente el tamaño de la ventana es escogido de tal forma que su dimensión sea impar.



Filtro medio.

### Filtros paso-bajas, paso-altas

Como se sabe el filtro paso-bajas es una operación de promedios espaciales.

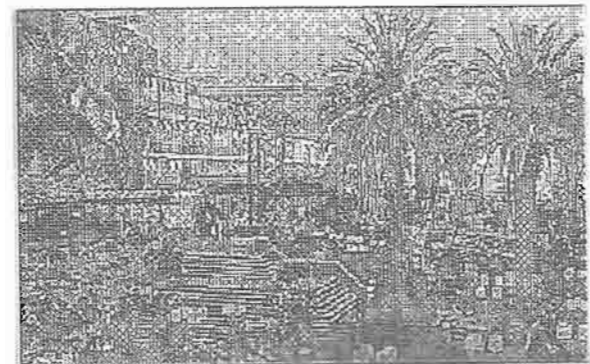
$$\begin{aligned} f(i,j) - \nabla^2 f(i,j) &= \\ &= f(i,j) + \frac{1}{5} \left[ f(i,j) - \frac{1}{5} \left[ f(i+1,j) + f(i-1,j) \right] \right] \\ &\quad + \frac{1}{5} \left[ f(i,j) + f(i,j+1) + f(i,j-1) \right] \end{aligned}$$

Como un filtro puede ser implementado por substracción de la salida del filtro paso bajas tomándolo como la entrada. Típicamente, el filtro paso bajas puede obtener relativamente un término largo del promedio espacial.

Los filtros paso bajas son usados para la disminución del ruido y la interpolación. Los filtros paso altas son útiles en la extracción de bordes.



Filtro paso bajas.



Filtro paso altas.

### Escalamiento por Interpolación

La interpolación mantiene el primer orden donde una línea recta es la primera en ser calculada entre los pixeles a lo largo del renglón. Entonces los pixeles a lo largo de cada columna son interpolados en una línea recta. Se sigue las siguientes ecuaciones.

Para los renglones.

$$\left. \begin{aligned} v_1(m,2n) &= u(m,n), 0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1 \\ v_1(m,2n+1) &= \frac{1}{2} [u(m,n) + u(m,n+1)], 0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1 \end{aligned} \right\}$$

Para las columnas.

$$\left. \begin{aligned} v_1(2m,n) &= u(m,n) \\ v_1(2m+1,n) &= \frac{1}{2} [u(m,n) + u(m+1,n)], 0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1 \end{aligned} \right\}$$

donde:



$M$  representa el máximo de columnas.  
 $N$  representa el máximo de renglones.



Zoom de sección a 200%



Imagen a 0.50

### Binarización

Consiste en obtener la imagen en dos tonos, blanco y negro, a partir de un umbral dado.

$$I(p(x,y)) = \begin{cases} 0 & \text{Si } p(x,y) < u \\ 1 & \text{Si } p(x,y) \geq u \end{cases}$$

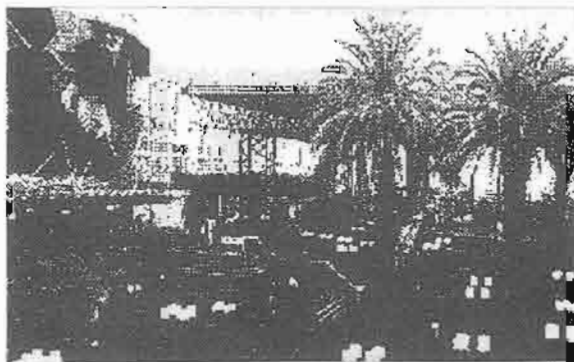
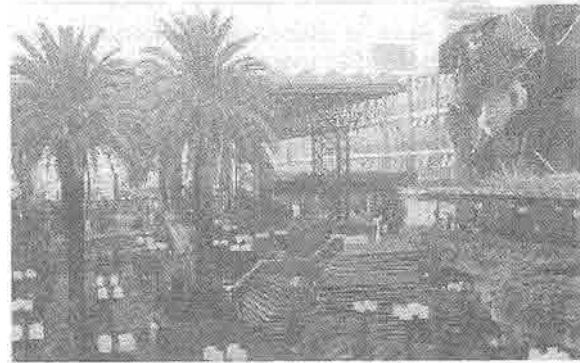


Imagen binarizada con un umbral de 128.

### Espejo

Tiene por objetivo reordenar los píxeles de la imagen original para generar una imagen final mediante un mapeo relación uno a uno entre los píxeles originales y finales en forma horizontal o vertical.



Espejo vertical.

### Rotación

La rotación de una imagen se ejecuta relativa a una imagen, usualmente definida para ser el centro de la imagen en lugar del píxel (0,0) y es especificada por un ángulo. Las fórmulas utilizadas son:

$$P(x,y) = P(y \cos \theta - x \sin \theta, y \sin \theta + x \cos \theta)$$

donde:

$\theta$  es el ángulo de rotación.



Rotación de imagen a 45°.



## APLICACIONES

### Robótica

Una de las áreas en las que más se aplica el Procesamiento de Imágenes es en la Visión Artificial.

En nuestro grupo hemos desarrollado aplicaciones para la planeación automática de Robots Móviles. El método se describe a continuación:

A partir de una vista aérea del recinto donde evoluciona el robot, que incluye los obstáculos a

evitar, se binariza la imagen y se engrosan los obstáculos para dar un margen de seguridad a la trayectoria. El mapa de carreteras se construye por medio de la esqueletización del área libre. Posteriormente se filtra la imagen con el fin de que el esqueleto resultante sea 8-conexo. Se eliminan los caminos sin salida del esqueleto utilizando técnicas de podado. Se obtiene el camino óptimo utilizando criterios de optimización para el problema en particular como el ancho del área libre y la longitud de cada rama. Finalmente se suaviza esta trayectoria utilizando una aproximación polinomial: B-splines. Los resultados se presentan a continuación:

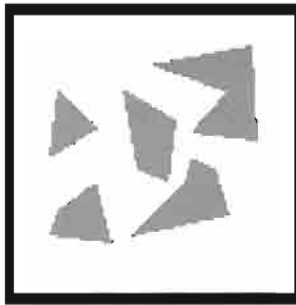
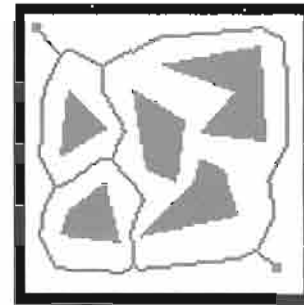
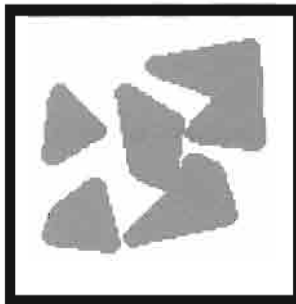


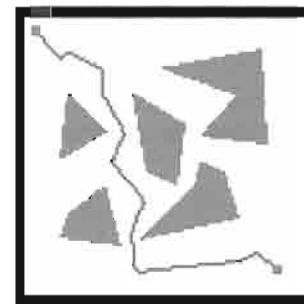
Imagen Binarizada.



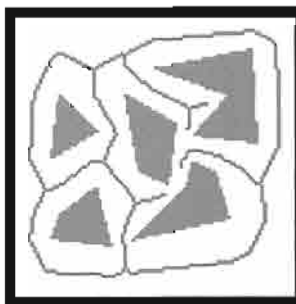
Concatenación de los puntos de inicio y fin.



Engrosamiento de Obstáculos.



Trayectoria óptima.



Esqueleto.



Aproximación polinomial.



## CONCLUSIONES

La realización de este trabajo está enfocada a que mediante el uso de todas las técnicas mostradas se ayude a cualquier disciplina a obtener la información de toda aquella imagen que empleen en su trabajo.

La principal ventaja de este tipo de herramientas es que no es necesario contar con una plataforma demasiado potente, todas las técnicas descritas, fueron implementadas en una computadora personal.

En disciplinas como robótica, medicina o microscopía son utilizadas de varias formas estas técnicas. El objetivo de este trabajo es agruparlas y presentarlas como una sola herramienta para el procesado de imágenes con formato estándar. Se realizaron una serie de librerías empleando lenguaje C de tal forma que la herramienta en cuestión resulte lo suficientemente flexible para cada aplicación en particular.

## REFERENCIAS

1. Jain, A. K., *Fundamental of digital image processing*, Prentice-Hall, 1989.
2. González, R. & Wintz, P., *Digital image processing*, Prentice-Hall, 1987.
3. Ibarra-Zannatha, J; Sosa Azuela, H. & González Hernández, H., *A new roadmap approach for autoguided vehicles*, Proceedings of the IEEE Transactions on systems, man & cybernetics, (Por publicarse), San Antonio Texas, Octubre de 1984.
4. Rosenfeld, A. & Kak, A., *Digital image processing*, Academic Press, 1982.
5. Ballard, D. & Brown, C., *Computer Vision*, Prentice-Hall, 1982.