

Morfología Matemática en Tiempo Real para Imágenes Binarias (B&N)

Ing. Agustín Cruz Contreras
 Profesor del CIDETEC-IPN.
 Email: acruz@ipn.mx

En este artículo se describe la implementación en tiempo real de las operaciones básicas de la Morfología Matemática, *Dilatación* y *Erosión*, aplicada a imágenes en blanco y negro y apegada a la temporización de la norma de video NTSC.

INTRODUCCIÓN

Los procesamientos lineales surgidos a mediados de los años 50, como consecuencia de la carrera espacial, resolvieron con éxito la eliminación de ruido y otras funciones importantes para las que fueron creados, pero presentaban tiempos considerables de procesamiento, alto costo del hardware y una serie de limitaciones en cuanto a la degradación de las imágenes procesadas.

Como respuesta a estas limitaciones nace la *Morfología Matemática*, teoría surgida de las investigaciones de **G. Matheron** y **J. Serra** en los años 60, con fundamento en el uso de *procesos no lineales* derivados de la comparación de la imagen con un patrón geométrico sencillo, denominado *Elemento Estructurante*, aportando las ventajas siguientes:

- Baja complejidad computacional, basándose tan sólo en operaciones lógicas.
- Se conservan las características geométricas de la imagen procesada.
- Dos primitivas básicas, *Dilatación* y *Erosión*; con combinaciones de las mismas se construyen todos los operadores.

Por lo anterior, la Morfología Matemática (MM) resulta una teoría muy atractiva para su implementación en tiempo real.

MORFOLOGÍA MATEMÁTICA

La MM es una herramienta para extraer componentes de una imagen, útiles en la representación y descripción de regiones, contornos, esqueletos y formas convexas; su lenguaje es la teoría de conjuntos, los cuales representan las formas de los objetos en una imagen. La MM estudia las transformaciones morfológicas de la imagen, como son la erosión, dilatación y sus combinaciones, bajo la aplicación de operadores locales denominados *elementos estructurantes* (EE), que actúan como un parámetro de las transformaciones morfológicas.

Tomando como base estas dos primitivas se construyen otras más complejas, tales como la *apertura* (dilatar el resultado de una erosión) y

su operación dual, la *cerradura* (erosionar el resultado de una dilatación), para implementar filtros básicos.

Matemáticamente, la dilatación se define en la **Ecuación 1**, la cual se interpreta como la unión de las traslaciones de A por los elementos b que pertenecen a B.

$$C = A \oplus B = \bigcup_{b \in B} A_b$$

Ecuación 1. Dilatación

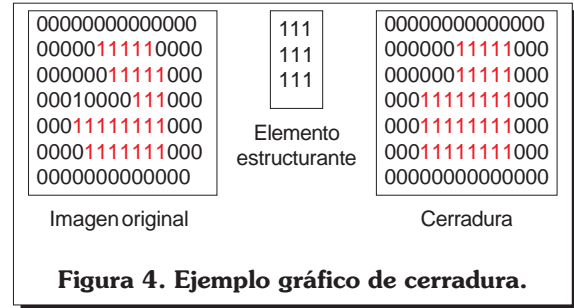
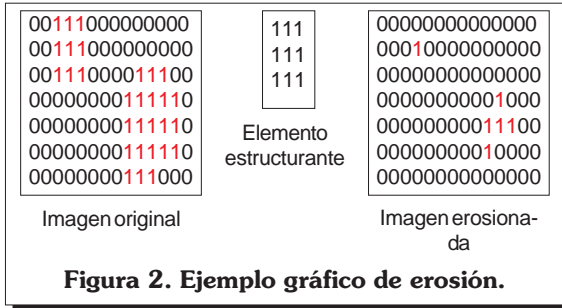
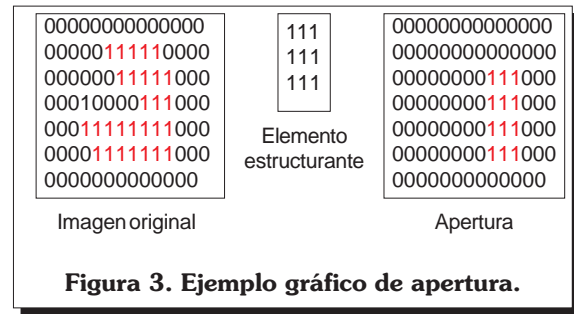
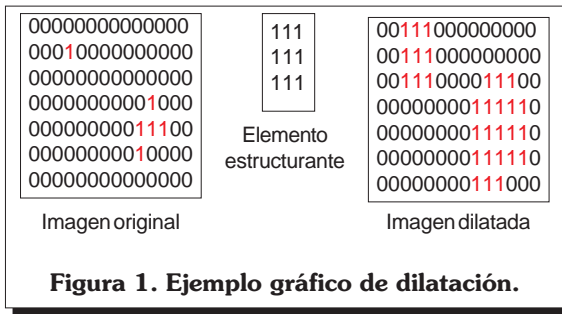
La erosión se define en la **Ecuación 2**, y se interpreta como la intersección de las traslaciones de A por los elementos b que pertenecen a B.

$$C = A \ominus B = \bigcap_{b \in B} A_b$$

Ecuación 2. Erosión

La **figura 1** representa gráficamente la dilatación de una imagen sintética, donde cada uno de sus puntos se representa con el valor uno y el fondo con cero; la dilatación consiste en poner a uno los puntos vecinos (conforme al EE) de cada punto de la imagen original.

En la erosión, cada punto de la imagen original, representado con uno, tendrá el valor de uno en la imagen erosionada, si los puntos vecinos también son uno; de lo contrario será cero. La **figura 2** muestra la imagen original y su erosión con relación al EE.



La apertura se define en la **Ecuación 3**, y se interpreta como la dilatación por B, de la erosión de A con respecto a B.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad \text{Ecuación 3}$$

La **Ecuación 4** define a la cerradura, siendo esta la erosión por B, de la dilatación de A con B.

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad \text{Ecuación 4}$$

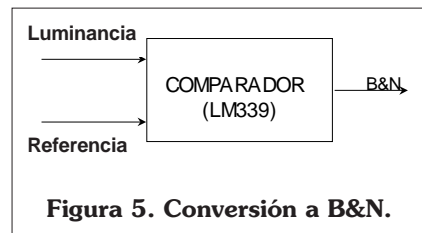
En las **figuras 3 y 4** se muestran ejemplos gráficos para la apertura y la cerradura.

NORMA DE VIDEO NTSC

La norma de video NTSC (*National Television System Committee*) adoptada en Estados Unidos a finales de 1953, maneja 525 líneas por imagen entrelazada, repartida en 263 y 262 líneas respectivamente para cada campo, con una frecuencia de cuadro de 60 Hz y una duración de línea de 64 ms. La señal de Video

Compuesto, es una señal completa de video, que integra los pulsos de sincronía y la información de la imagen; para el color se agrega una subportadora que contiene la información del mismo, manejando una amplitud de 1 v pico a pico, siendo un estándar en los equipos que manejan señales de video. La información de la imagen monocromática corresponde al brillo y se conoce como luminancia; su valor mínimo corresponde al negro y el máximo al blanco.

En este trabajo las imágenes de interés son en Blanco y Negro (B&N), para ello se requiere convertir la señal monocromática a B&N. El proceso de conversión consiste en tomar un valor de referencia entre el mínimo y el máximo de la señal de luminancia; a los valores menores a la referencia se les asigna 0 (0 v), y a los mayores 1 (5 v), por medio de un comparador, tal como se muestra en la **figura 5**.



El valor de referencia es variable y se conoce como umbral de la imagen de B&N.

DIGITALIZACIÓN

Se determina una resolución de 320 x 240, esto en base a que se utiliza un solo campo de la imagen; el campo tiene 262 líneas, de las cuales las primeras 21 no tienen información de imagen. Se descartan 22 líneas, $262 - 22 = 240$, y con el propósito de mantener la proporción de la imagen se determinan 320 puntos por línea.

El proceso de conversión a B&N tiene implícita la digitalización de la imagen; para sincronizar este proceso de conversión se requieren los pulsos vertical y horizontal, por lo que se emplea el separador de sincronía LM1881. Este circuito integrado recibe la señal de video compuesto, entregando los pulsos horizontal y vertical, y el campo presente (par e impar, **figura 6**).

Para el muestreo de 320 puntos por línea se requiere una señal de

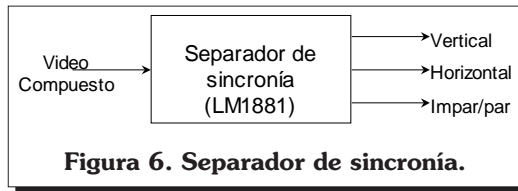


Figura 6. Separador de sincronía.

reloj que genere 320 pulsos en el tiempo de duración de la línea, sincronizado con el pulso horizontal. La línea tiene una duración de 64 ms, por lo tanto el periodo aproximado del oscilador es: $64\text{ ms}/320=0.2\text{ ms}$.

PROCESAMIENTO

Como se ha descrito, las operaciones morfológicas básicas se pueden realizar a nivel local empleando un punto y su vecindad; la figura 8 muestra la arquitectura propuesta para las operaciones de erosión y dilatación. Para procesar un punto con una vecindad de otro punto se requieren por lo menos dos líneas de video completas y tres puntos de la tercera; las líneas de video se almacenan en registros de corrimiento.

Para la obtención de la dilatación se aplica la operación lógica OR al punto y su vecindad, en el caso de la

erosión se aplica AND (Figura 7). Como puede apreciarse, el tiempo de procesamiento, es igual al tiempo de propagación de la compuerta lógica, y el retraso corresponde al tiempo de dos líneas de video y tres puntos de una tercera. Los registros son considerablemente grandes (320 bits cada uno), por lo que se descartó su implementación de manera discreta y se optó por usar un dispositivo FPGA, el XC4010XL de XILINX; cabe aclarar que se empleó este FPGA por contar con él, y no por ser el más apropiado.

La imagen analizada se genera nuevamente a su forma de video compuesto, sumando las señales de sincronía provenientes del dispositivo LM1881 con la señal procesada proveniente del FPGA (Figura 8).

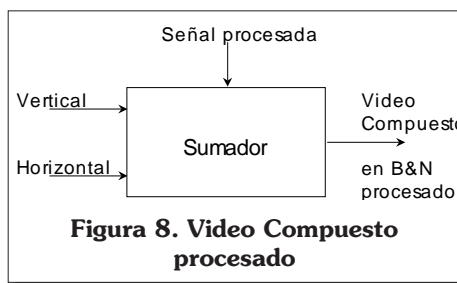


Figura 8. Video Compuesto procesado

CONCLUSIONES

Este trabajo es un primer paso en el procesamiento de imágenes en tiempo real, aplicando Matemática Morfológica. En esta etapa se implementan las primitivas básicas de la MM, generando una experiencia que sirve de apoyo para continuar con el desarrollo de la infraestructura que permita la aplicación de algoritmos morfológicos en imágenes B&N, tonos de gris y color. La captura y almacenamiento de las imágenes es otra tarea a realizar; el puerto USB puede ser útil para transferir imágenes en B&N y tonos de gris, mientras que para las imágenes en color se requiere de la velocidad del bus PCI.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] González, R. and Woods R. "Digital Image Processing". Addison-Wesley. 1993.
- [2] Ruiz Vassallo F. "Televisión". ceac. 1985.

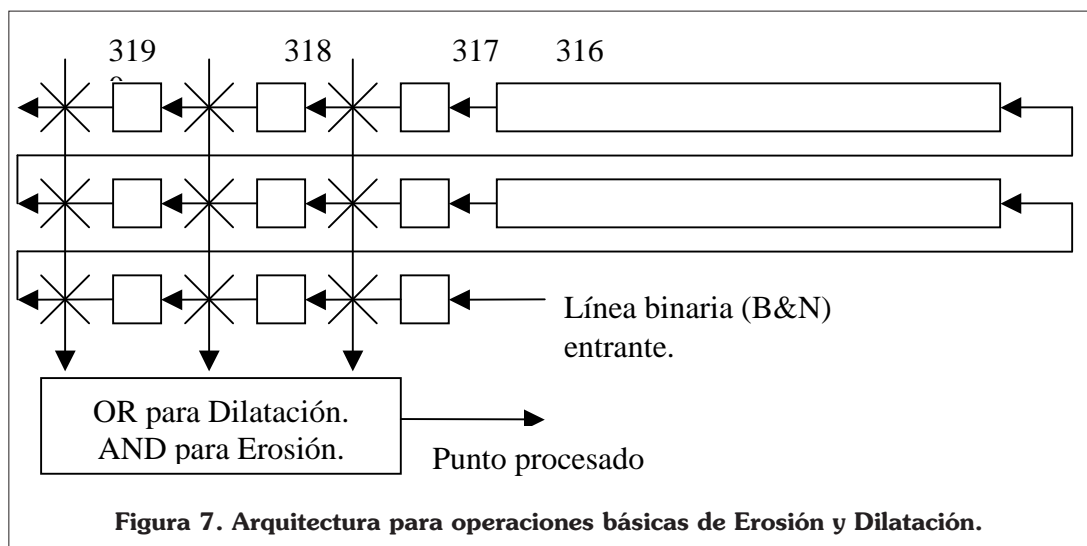


Figura 7. Arquitectura para operaciones básicas de Erosión y Dilatación.