

---

## MEJORA DE CONTRASTE EN IMÁGENES DIGITALES EMPLEANDO LÓGICA DIFUSA

### Mejora de Contraste en Imágenes Digitales Empleando Lógica Difusa

*Enriquez Rodríguez Brenda (brenda.er.03@gmail.com),*

*Anzueto Ríos Álvaro (aanzuetor@ipn.mx).*

*Laboratorio de Biomecánica. UPIITA. Instituto Politécnico Nacional.*

#### Resumen

*En este trabajo se presenta una técnica para la mejora de contraste en imágenes digitales empleando lógica difusa. Esta mejora de contraste es desarrollada al aplicar un proceso de inferencia difusa sobre los valores en niveles de grises de una imagen. El proceso de inferencia difusa consta de tres partes principales, la primera es la fusificación, la segunda el proceso matemático en el plano difuso y la tercera, es el proceso de de-fusificación. En este trabajo se analizan los resultados de aplicar, funciones lineales difusas (conjuntos trapezoidales) y funciones gaussianas como conjuntos o funciones difusas de entrada en la primera parte del sistema de inferencia. El cambio en el tipo de funciones de entrada repercute modificando los niveles de gris en la imagen final, esto también se puede observar en los histogramas de las imágenes. En el apartado de resultados se presentan las imágenes finales y podemos observar el resultado de aplicar diferentes tipos de funciones difusas a la técnica de mejora de contrastes en las imágenes.*

#### Introducción

En ocasiones cuando se toma una imagen, debido a las características del dispositivo utilizado, de las condiciones en que fue tomada la imagen, o de las características propias de ella, no se obtiene un buen contraste. Gracias a diferentes técnicas de procesamiento digital de imágenes es posible mejorar este contraste, con esta mejora se logra resaltar detalles que llegan a ser objetos de interés para otros estudios.

En este trabajo se comparan dos técnicas para mejorar el contraste en una imagen con bajo rango dinámico en los niveles de grises. El bajo rango dinámico de los niveles de grises en una imagen es representado por una distribución de histograma estrecho, lo que significa que los píxeles oscilan en una banda de valores pequeña produciendo imágenes de muy bajo contraste. La mejora de contraste se logra mejorando la distribución de los niveles de grises a lo largo del histograma (aumento del rango dinámico).

Las técnicas que se abordan en este trabajo son la ecualización de histograma [1] y un sistema de inferencia difuso [2]. Para la ecualización de histograma se ha considerado lo expuesto en [1], la ecualización de histograma normal ha sido ampliamente utilizada para la mejora de contraste, sin embargo, este método tiene la problemática de saturar los niveles de grises, ya sea oscureciendo o aclarando en demasía la imagen a procesar. Para el sistema de inferencia difuso se ha contemplado dos tipos de funciones (o conjuntos difusos) en la entrada, para lograr un control sobre el nivel de contraste deseado [3].

Funciones de Membrecía de Entrada del Sistema de Inferencia Difusa.

Para utilizar las técnicas de fusificación, el primer paso es definir las ecuaciones para generar los conjuntos difusos que nos servirán para evaluar los niveles de pertenencia de los valores de píxeles de entrada (pixe) de la imagen original a cada función de membrecía o conjunto difuso de entrada y con base en ello calcular su valor de salida (pixs).

En este caso se generaron dos tipos de conjuntos difusos: trapezoidal y gaussiano.

Para la generación de 3 conjuntos de tipo trapezoidal a la entrada, etiquetados como  $y_1, y_2, y_3$ , se han utilizado las siguientes ecuaciones.

$$y_1 \begin{cases} 1 & \text{si } pix_e \leq a \\ \frac{b - pix_e}{b - a} & \text{si } a \leq pix_e \leq b \\ 0 & \text{si } b \leq pix_e \end{cases} \quad y_2 \begin{cases} \frac{pix_e - a}{b - a} & \text{si } a \leq pix_e \leq b \\ 1 & \text{si } b \leq pix_e \leq c \\ \frac{d - pix_e}{d - c} & \text{si } c \leq pix_e \leq d \end{cases} \quad y_3 \begin{cases} 0 & \text{si } c \leq pix_e \\ \frac{pix_e - c}{d - c} & \text{si } c \leq pix_e \leq d \\ 1 & \text{si } d \leq pix_e \end{cases}$$

Se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 1. Parámetros de Conjuntos Trapezoidales.

Parámetros de Conjuntos Trapezoidales			
a	b	c	d
60	117,5	137,5	195

Para la generación de conjuntos Gaussianos [4], se generaron tres campanas de Gauss con un valor de sigma igual a  $\sigma = 52.5$ , y como centro de las campanas (cc) los valores presentados en Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de Conjuntos Trapezoidales y Gaussianos.

Parámetros de Conjuntos Trapezoidales y Gaussianos			
	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3
cc	50 <span style="color: blue;">-----</span>	127,5 <span style="color: red;">-----</span>	205 <span style="color: yellow;">-----</span>
$\sigma$	52.5	52.5	52.5
s	1	100	260

Los conjuntos difusos trapezoidales de entrada pueden ser observados en Figura 1 y los conjuntos de tipo Gaussiano en Figura 2.

Con el fin de comparar los resultados obtenidos para cada tipo de conjuntos difusos se consideraron los mismos valores en los parámetros  $\mu$  y  $s$ , de donde  $\mu$  representa el nivel de pertenencia a cada conjunto difuso ( $\mu_{y_1}$ ,  $\mu_{y_2}$ ,  $\mu_{y_3}$ ) y  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  como parámetros requeridos en el proceso de de-fusificación.

A continuación, se pueden observar los conjuntos generados a partir de las ecuaciones previamente descritas. Las gráficas en línea continua azul para  $y_1$ , rojo para  $y_2$  y amarillo para  $y_3$ . En línea punteada está ubicada  $\mu$  para cada conjunto.

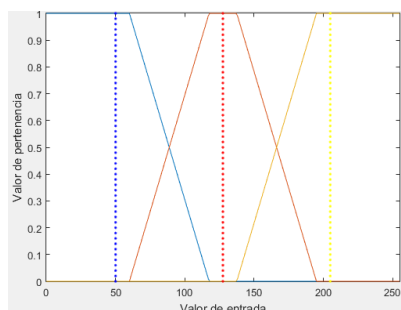


Figura 1. Conjuntos Trapezoidales.

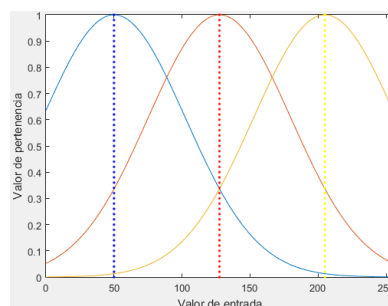


Figura 2. Conjuntos Gaussianos.

Para calcular el valor de salida se utilizó la siguiente ecuación:

$$pix_s = \frac{(pix_e|_{y_1} * s_1) + (pix_e|_{y_2} * s_2) + (pix_e|_{y_3} * s_3)}{pix_e|_{y_1} + pix_e|_{y_2} + pix_e|_{y_3}}$$

De donde  $pix_e|_{y_1}$  es el nivel de pertenencia del valor de nivel de gris de cada pixel a cada conjunto de entrada  $y_1$ . Por lo tanto,  $pix_e|_{y_1}$  es igual a  $(\mu_{y_1})$ .

Posteriormente, se evaluó el valor de de-fusificación o salida para todos los valores posibles de entrada (0 a 255) para conocer la respuesta del sistema de ecuaciones establecido. Las gráficas de salida se pueden contemplar en las Figuras 3, 4 y 5. En la Figura 3 se presenta la gráfica de la función de salida del método de Ecuación normal de histograma y en las Figuras 4 y 5 las gráficas de salida del sistema de inferencia difuso con conjuntos trapezoidales y gaussianos respectivamente.

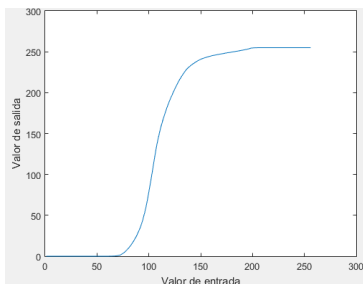


Figura 3. Evaluación de píxeles con Ecuación Normal.

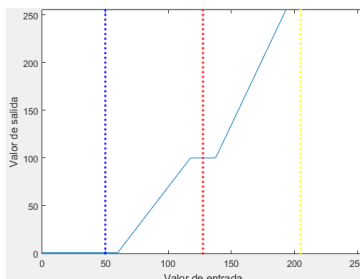


Figura 4. Evaluación de píxeles con Fusificación Trapezoidal.

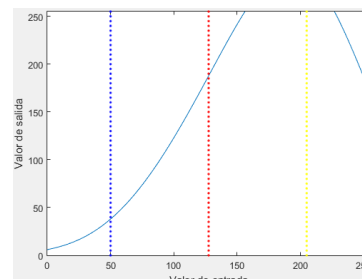


Figura 5. Evaluación de píxeles con Fusificación Gaussiana.

Una vez evaluadas las funciones, se utilizó una imagen de entrada y se generaron nuevas imágenes de salida utilizando los métodos propuestos.

Finalmente, con el fin de verificar el comportamiento en la distribución de los niveles de gris en la imagen, se generó el Histograma de la imagen original y de las obtenidas a través de los diferentes métodos de mejora de contraste.

## Resultados

Evaluando una imagen, se obtuvieron los siguientes resultados en los que se pueden apreciar tonos más oscuros y más claros que en la imagen original.



Figura 3. Imagen Original.



Figura 4. Imagen con Ecuilización Normal.



Figura 5. Imagen con Fusificación Trapezoidal.



Figura 6. Imagen con Fusificación Gaussiana.

Se generó el histograma de las imágenes obtenidas. Se puede observar que en la imagen original los tonos grises tienen mayor ocurrencia. En el caso contrario, con la técnica de ecualización normal y ecualización fusificada gaussiana, existe una distribución más uniforme en los valores de los píxeles. En el caso de la fusificación trapezoidal, a pesar de tener en general una distribución uniforme de los píxeles, existe una gran concentración de píxeles de tono oscuro.

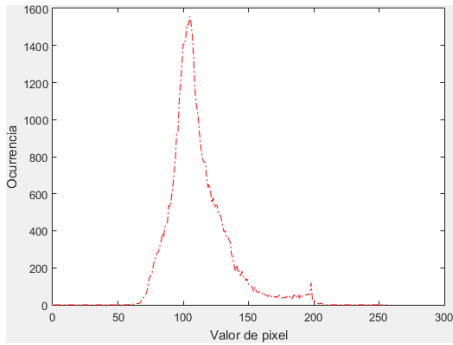


Figura 7. Histograma de la Imagen Original.

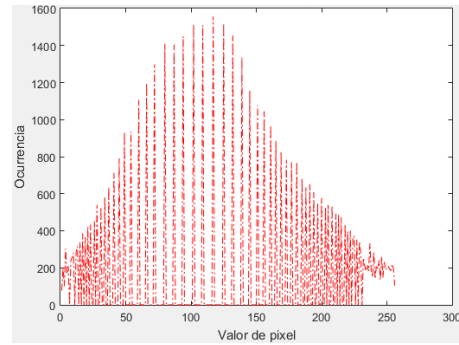


Figura 8. Histograma con Ecuación Normal.

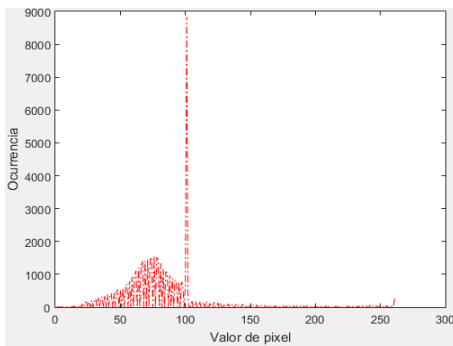


Figura 9. Histograma con Fusificación Trapezoidal.

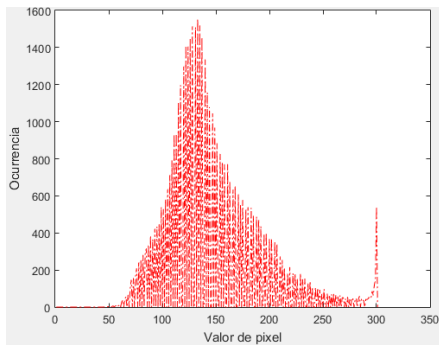


Figura 10. Histograma con Fusificación Gaussiana.

---

## Conclusiones

Los métodos de mejora de contraste presentados en este artículo nos permiten cambiar el valor de entrada de un pixel en función de las ecuaciones de pertenencia.

Gracias al histograma de la imagen se pueden observar los valores de los pixeles de las imágenes. En este caso, la imagen original tenía una alta concentración de pixeles en la zona central que se veía traducida en una imagen grisácea. Todos los métodos permitieron distribuir el contenido de pixeles en diferentes valores, agregando a la imagen más tonalidades y los métodos que ofrecieron una distribución más uniforme fueron Ecuación Normal y Ecuación con Conjuntos Difusos Gaussianos. Sin embargo, en el caso del método de Ecuación con Conjuntos Difusos Trapezoidales, gracias a la concentración de un alto número de pixeles en tono oscuro, se obtuvo una imagen con un alto grado de contraste.

## Referencias

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods (2010). Digital Image Processing using Matlab. ( 2da ed.), McGraw-Hill
- [2] E. E. Kerre and M. Naehetgael (2000), *Fuzzy Techniques in Image Processing*.
- [3] "Notas de Clase de la Unidad de Aprendizaje 'Imagenología.'" (Invierno 2017). Instituto Politécnico Nacional (UPIITA - Biónica).
- [4] K. M. Passino and Yurkovich Stephen, (1998) *Fuzzy Control*, (1a ed.).