Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

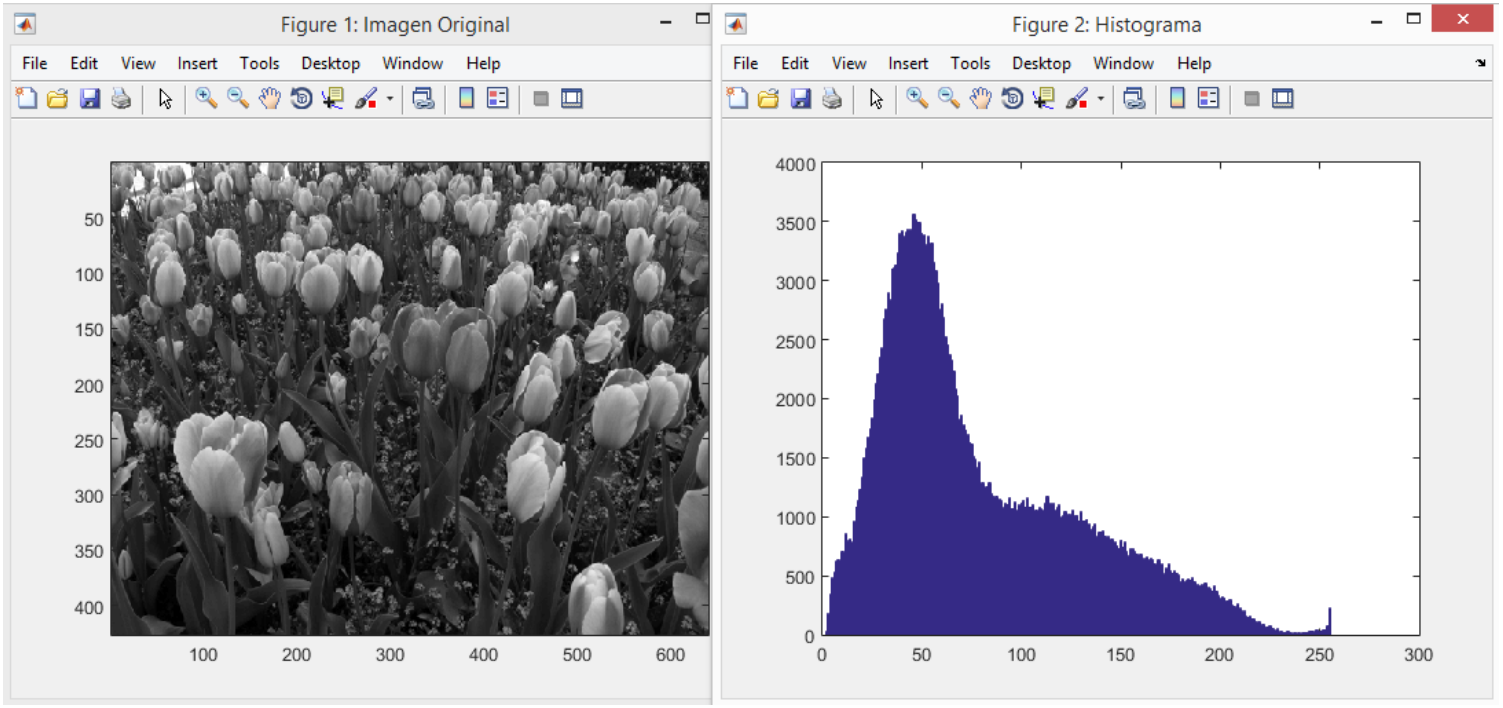
CIMAT
UNIDAD MÉRIDA

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES (A NIVEL PIXEL, PARTE 2)

Dr. Francisco J. Hernández López
SECIHTI – CIMAT-Mérida
fcoj23@cimat.mx, www.cimat.mx/~fcoj23

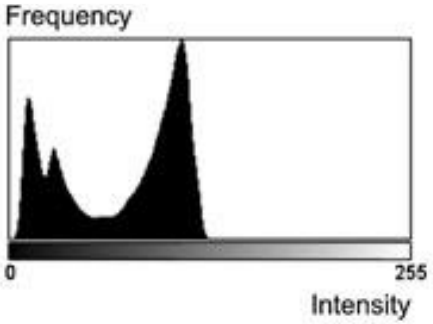
HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN

- Inicializar con ceros el vector h_I de tamaño 256.
- Para todos los pixeles $\vec{x}$ de la imagen I
  - $idx = I(\vec{x})$ → en C/C++ o $idx = I(\vec{x}) + 1$ → en MatLab
  - $h_I(idx) = h(idx) + 1$

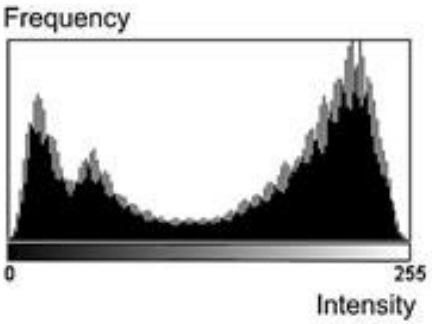


Sonka, Milan, Vaclav Hlavac, and Roger Boyle. Image processing, analysis, and machine vision. Cengage Learning, 2014.

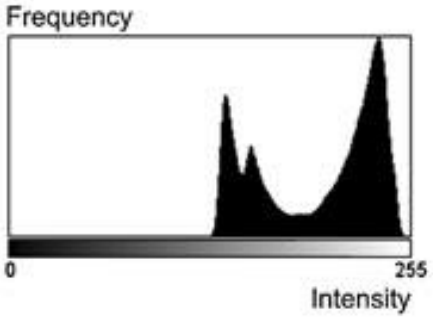
Dark image



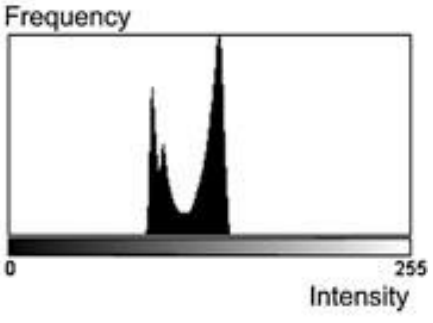
High contrast image



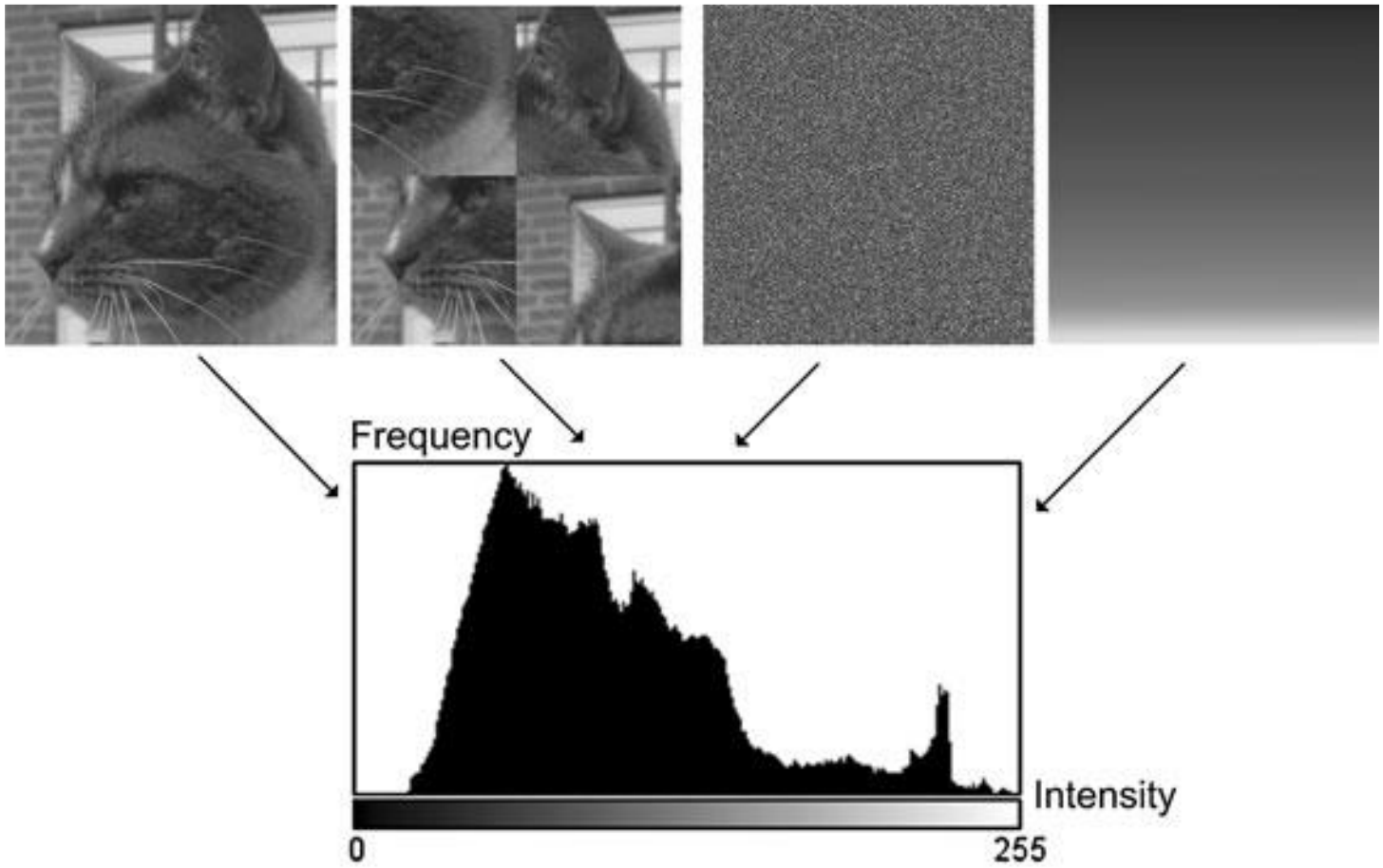
Bright image



Low contrast image



Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.



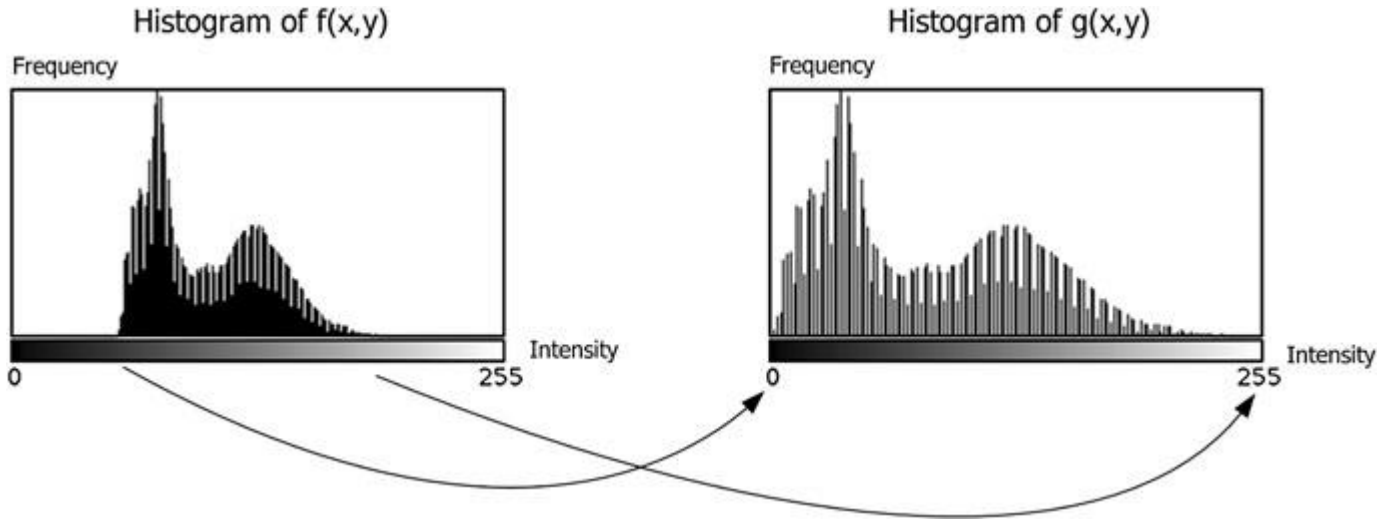
Nota: Cuando se calcula el histograma, no se considera la posición espacial de los pixeles, entonces:

a) Muchas imágenes tienen el mismo histograma
b) Una imagen no se puede reconstruir a partir del histograma

Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

ESTIRAMIENTO DEL HISTOGRAMA

- Método para corregir automáticamente la imagen, para que no sea:
  - demasiada brillante
  - demasiada obscura
  - de muy bajo contraste



Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

¿CÓMO ESTIRAR EL HISTOGRAMA?

- Supongamos que tenemos una imagen de entrada f en escala de grises, la cual tiene un rango de intensidades de $[f_1, f_2]$. Queremos llevar ese rango de intensidades al rango $[0,255]$, con el fin de que el histograma tenga valores de frecuencia en el rango $[0,255]$

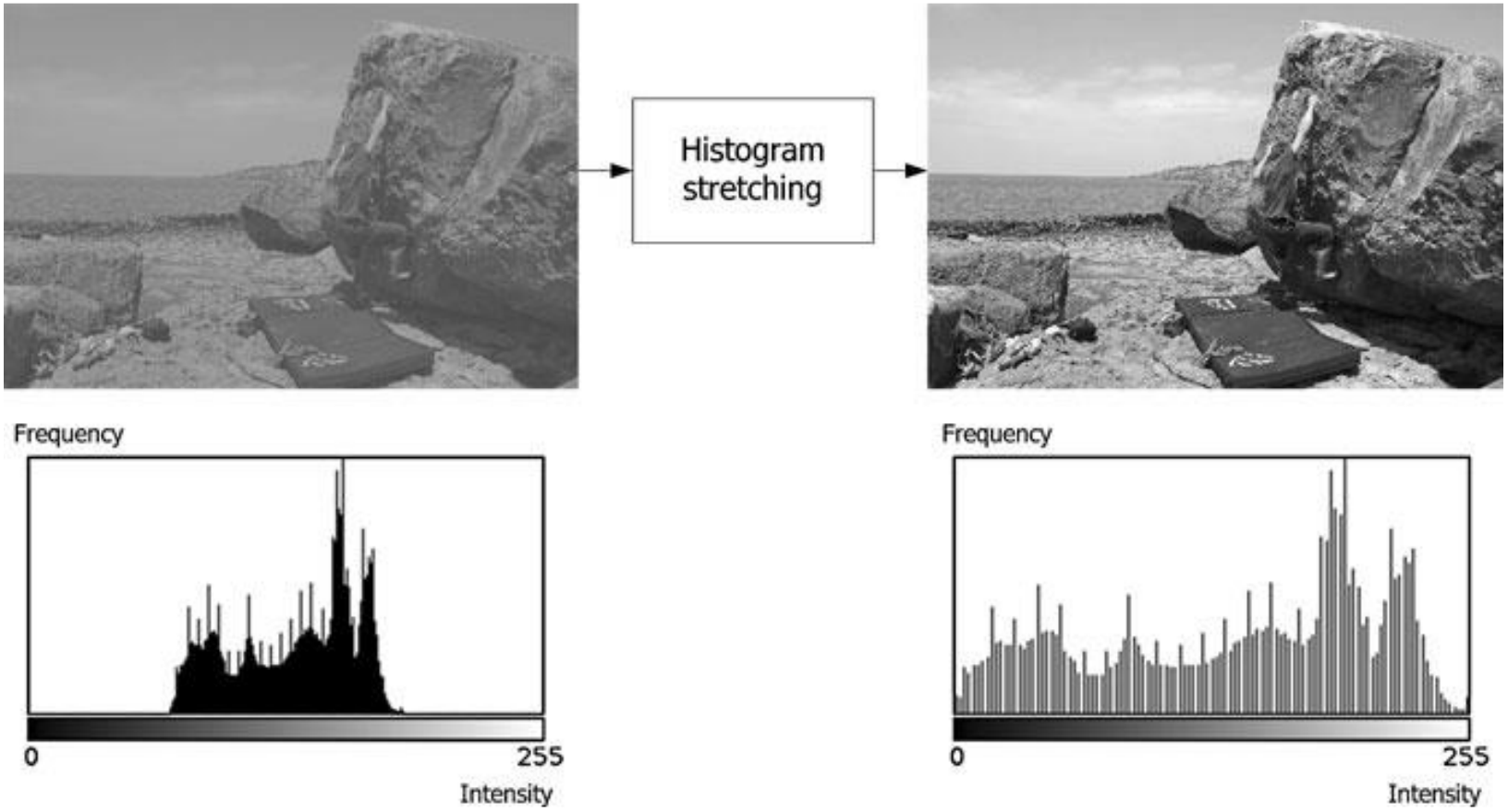
Primero, llevamos el rango $[f_1, f_2]$ al rango $[0,1]$:

$$g(\vec{x}) = \frac{f(\vec{x}) - f_1}{f_2 - f_1}$$

Luego, llevamos el rango $[0, 1]$ al rango $[0,255]$:

$$g(\vec{x}) = \left(\frac{f(\vec{x}) - f_1}{f_2 - f_1}\right) 255$$

EJEMPLO

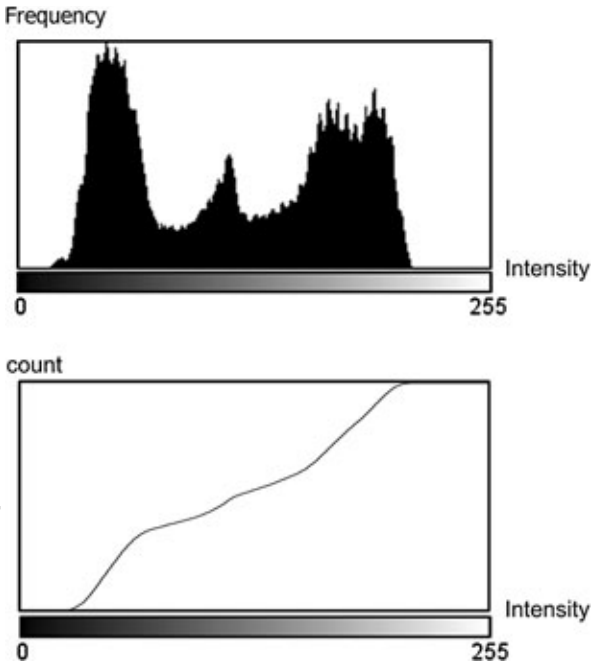


Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

ECUALIZACIÓN DEL HISTOGRAMA

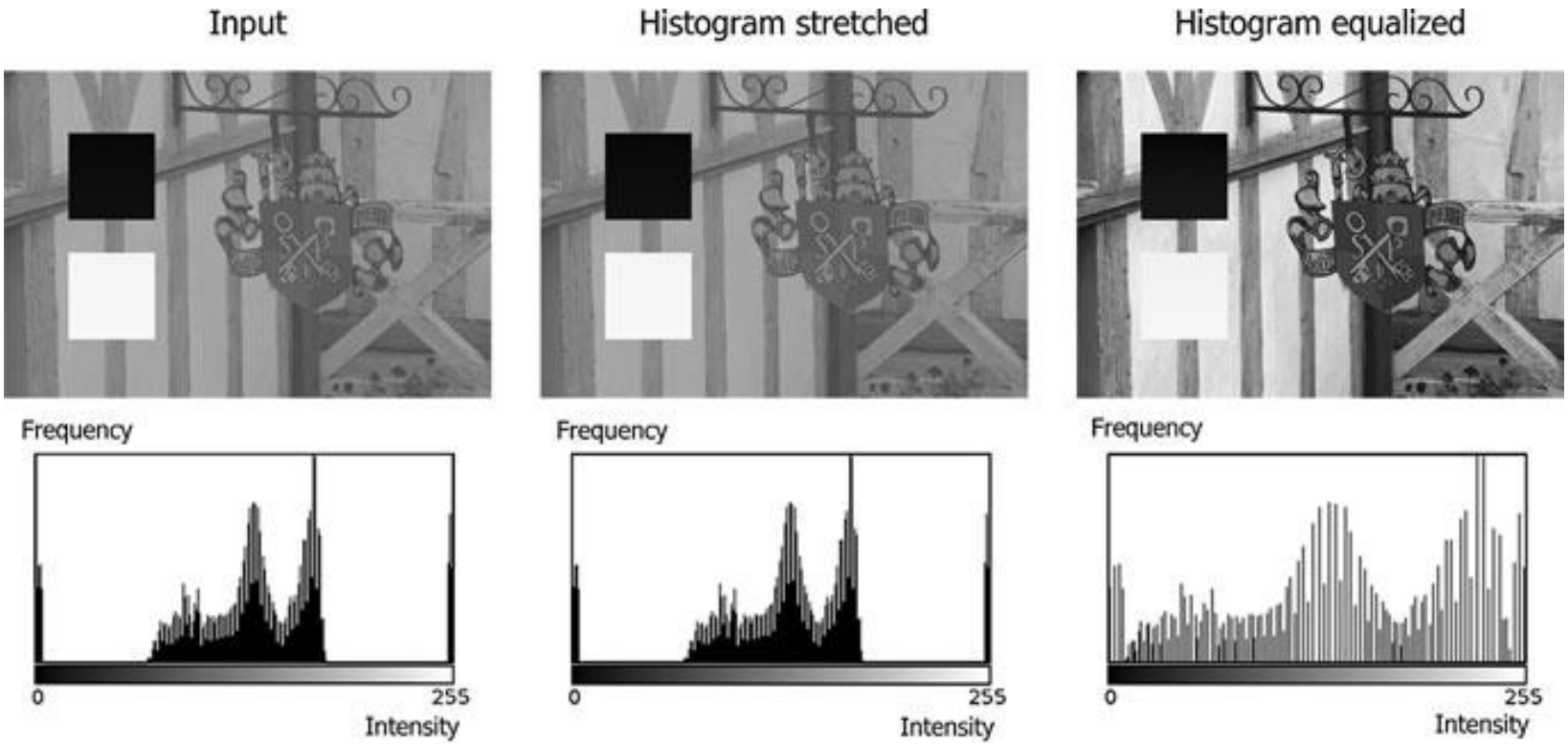
- Es un mapeo no lineal en escala de grises usando el histograma acumulado:

1. Calcular el histograma de f:
   a) Inicializar $h(idx) = 0, \forall idx \in [1,256]$
   b) Para todos los pixeles $\vec{x}$ de la imagen f
      - $idx = f(\vec{x}) + 1$ → en MatLab
      - $h(idx) = h(idx) + 1$
2. Calcular el histograma acumulado $h_c(j) = \sum_{i=0}^{j} h(i)$
   a) $h_c(1) = h(1)$
   b) $h_c(idx) = h_c(idx-1) + h(idx), con\ idx = 2,3, \dots 256$
3. $T(idx) = round\left(\frac{h_c(idx)}{N \times M}(L-1)\right)$, con $idx = 1,2, \dots 256$ y $N \times M$ el tamaño de la imagen
4. Para todos los pixeles $\vec{x}$ de la imagen I
   a) $g(\vec{x}) = T(f(\vec{x}) + 1)$ con $\vec{x} = (x, y)$ las coordenadas del pixel.



Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

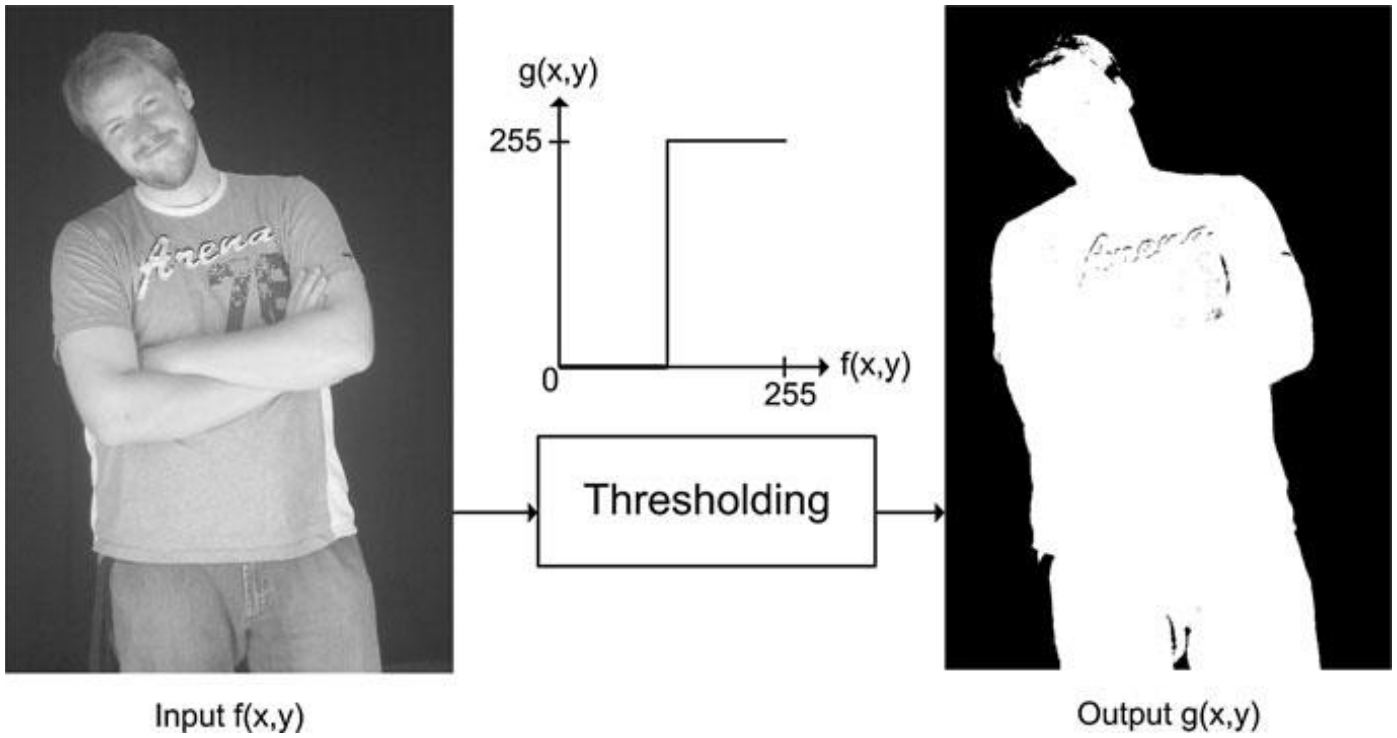
EJEMPLO: ESTIRAR Y ECUALIZAR EL HISTOGRAMA



Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

UMBRALIZACIÓN

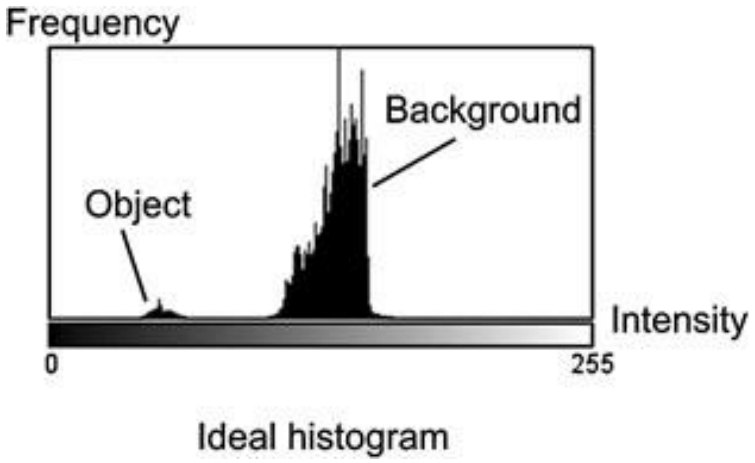
$$g(x,y) = \begin{cases} 255 & si\ f(x,y) > T \\ 0 & si\ f(x,y) \leq T \end{cases}$$



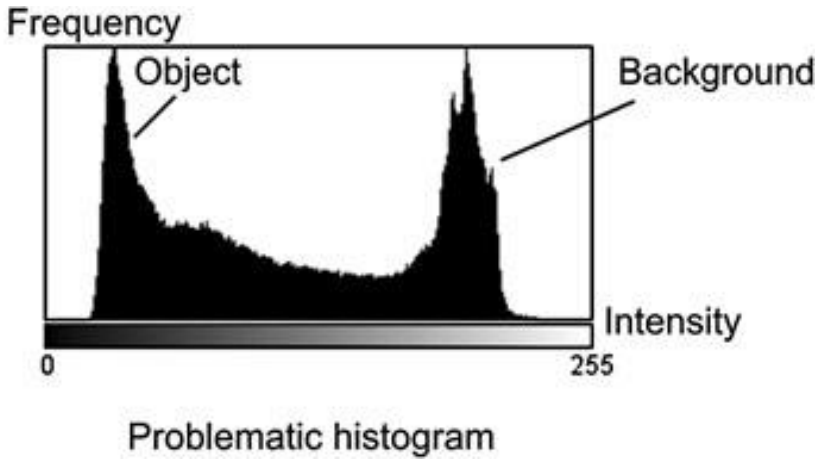
Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

¿CÓMO ELEGIR EL UMBRAL T?

- Cuando el histograma tiene dos modas que pueden ser fácilmente separadas
- En aplicaciones reales, es difícil proponer un umbral para separar estas dos modas (o montañas)



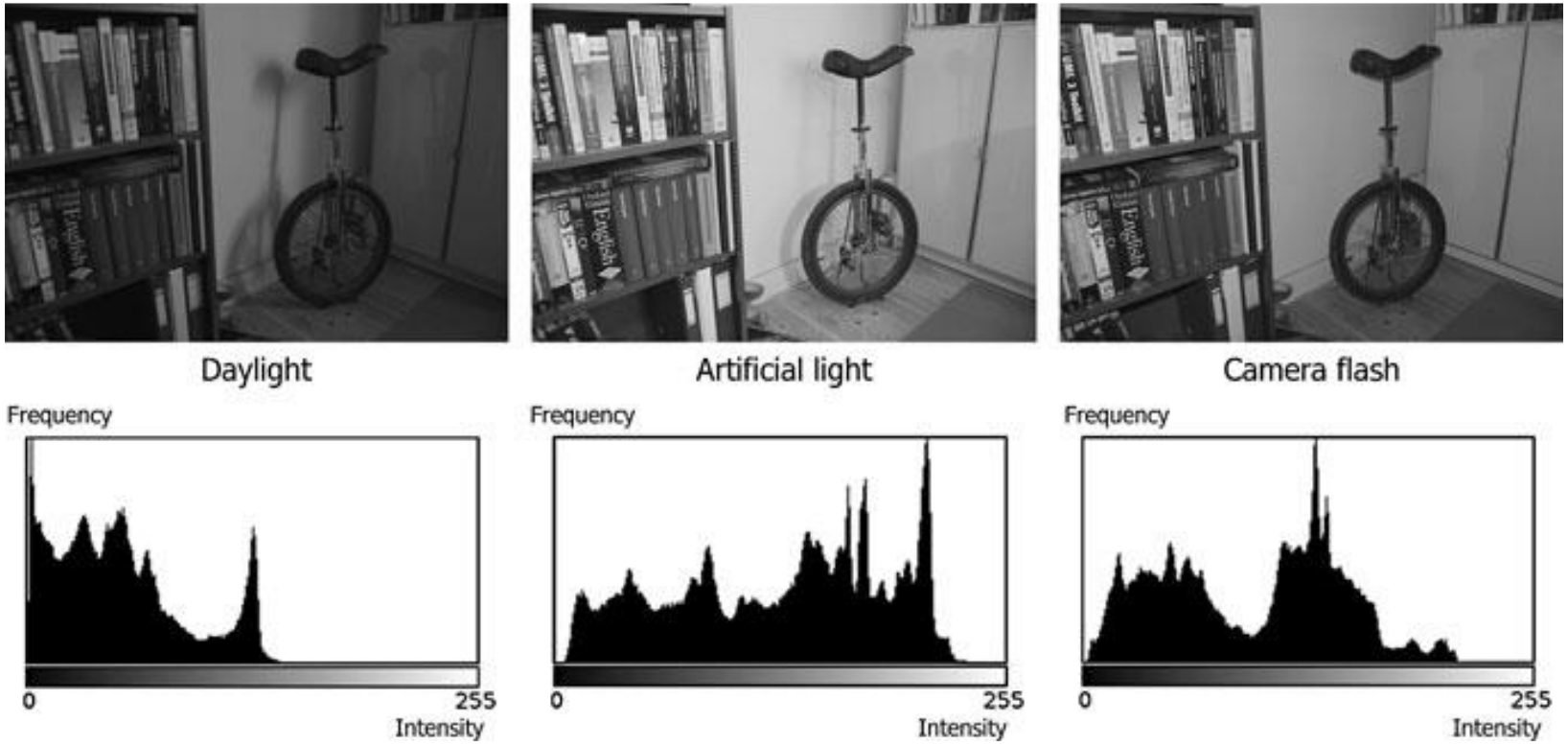
Ideal histogram



Problematic histogram

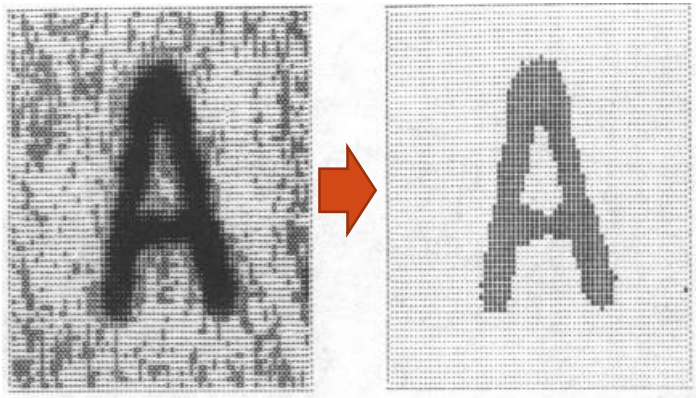
Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

UMBRALIZACIÓN AUTOMÁTICA



Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

MÉTODO DE OTSU



- Otsu, 1979. Propone obtener un umbral global de forma automática para una imagen en escala de grises
- Suponga que tenemos una imagen en escala de grises I con niveles de intensidad entre $[1, L]$
- La probabilidad de ocurrencia del nivel de gris i en la imagen está dado por

$$P_i = \frac{f_i}{N},$$

con f_i el número de pixeles con nivel de gris i y N el número de pixeles de la imagen.

Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, *9*(1), 62-66.

MÉTODO DE OTSU (C1)

- Los pixeles se dividen en dos clases
  - C_1 con los pixeles que tienen niveles de gris entre $[1, \dots, t]$
  - C_2 con los pixeles que tienen niveles de gris entre $[t+1, \dots, L]$
- La distribución de probabilidad para cada clase queda como

$$C_1 : \frac{P_1}{w_1(t)}, \dots, \frac{P_t}{w_1(t)}, \qquad C_2 : \frac{P_{t+1}}{w_2(t)}, \frac{P_{t+2}}{w_2(t)} \dots, \frac{P_L}{w_2(t)},$$

con $w_1(t) = \sum_{i=1}^{t} P_i$ y $w_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L} P_i$

Promedios para cada clase:

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^{t} \frac{iP_i}{w_1(t)}, \mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L} \frac{iP_i}{w_2(t)}$$

Varianzas para cada clase:

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^{t} \left(i - \mu_1(t)\right)^2 \frac{P_i}{w_1(t)}, \sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^{L} \left(i - \mu_2(t)\right)^2 \frac{P_i}{w_2(t)}$$

Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, *9*(1), 62-66.

MÉTODO DE OTSU (C3)

- Sea μ_T la intensidad promedio de toda la imagen, se puede demostrar para alguna elección de t que

$$w_1\mu_1 + w_2\mu_2 = \mu_T, \qquad w_1 + w_2 = 1$$

- Usando análisis discriminante, Otsu definió:
  - $\sigma_W^2 = w_1\sigma_1^2 + w_2\sigma_2^2$ como el promedio de las varianzas (varianza intra-clases)
  - $\sigma_B^2 = w_1 w_2(\mu_2 - \mu_1)^2$ como la varianza de los promedios (varianza inter-clases)

- Entonces el umbral óptimo t^* se elige:
  - Minimizando σ_W^2

$$t^* = \underset{1\le t\le L}{arg\min}\left(\sigma_W^2(t)\right)$$

→ Requiere calcular momentos acumulados de segundo orden

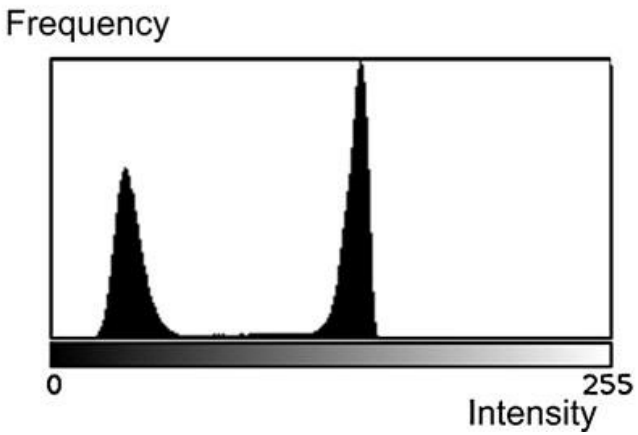
  - Maximizando σ_B^2

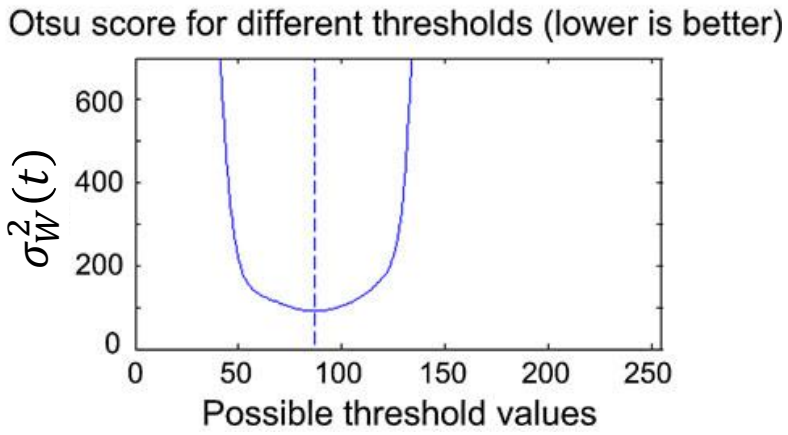
$$t^* = \underset{1\le t\le L}{arg\max}\left(\sigma_B^2(t)\right)$$

→ Requiere calcular momentos acumulados de primer orden

Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, *9*(1), 62-66.

EJEMPLO





Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

OPERACIONES LÓGICAS

(a) Truth table for AND

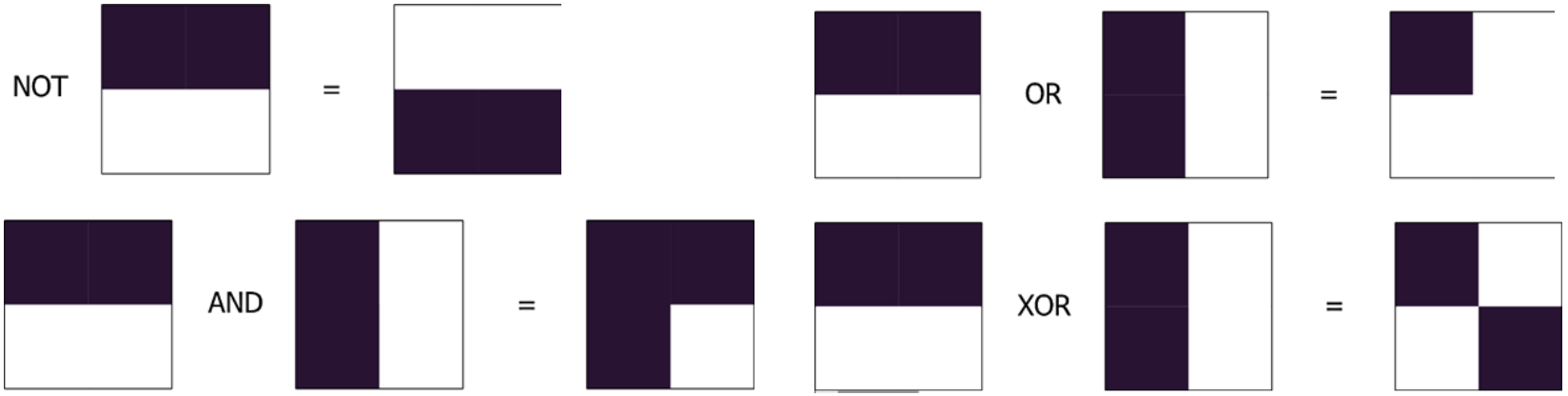
AND		Input 2	
		0	255
Input 1	0	0	0
	255	0	255

(b) Truth table for OR

OR		Input 2	
		0	255
Input 1	0	0	255
	255	255	255

(c) Truth table for XOR

XOR		Input 2	
		0	255
Input 1	0	0	255
	255	255	0



Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

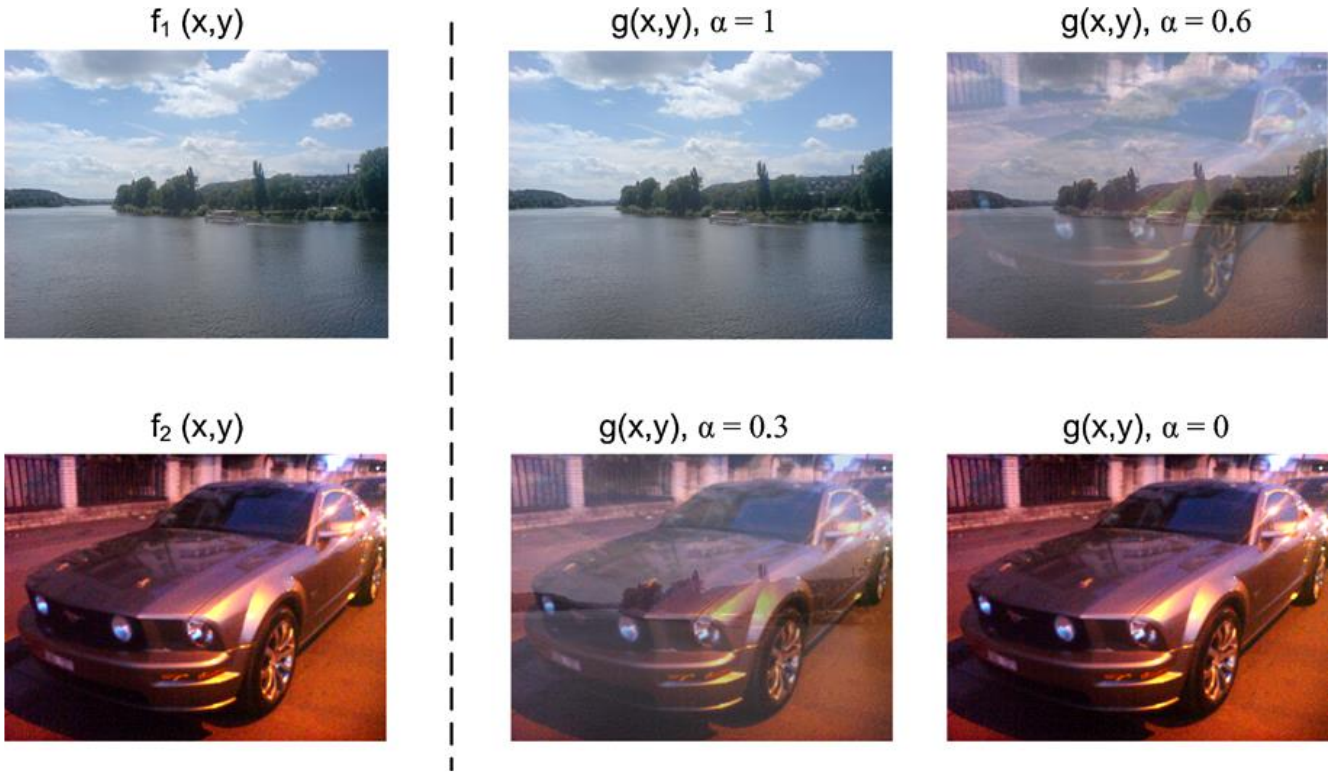
INVERTIR UNA IMAGEN

f(x,y) g(x,y)

$$g(x,y) = 255 - f(x,y)$$

Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

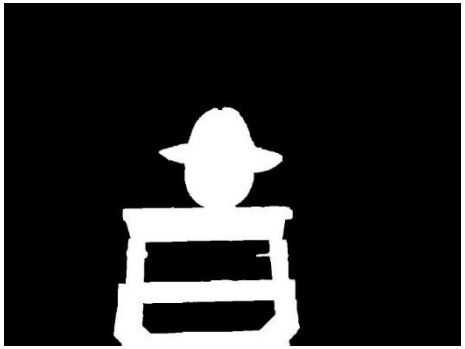
COMPOSICIÓN DE IMÁGENES (ALPHA BLENDING GLOBAL)



$$g(x,y) = \alpha f_1(x,y) + (1-\alpha) f_2(x,y), \qquad con\ \alpha \in [0,1]$$

Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

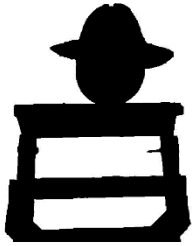
COMPOSICIÓN DE IMÁGENES (ALPHA BLENDING PARA CADA PIXEL)



α

f_1

g



$1-\alpha$

f_2

$$g(x,y) = \alpha(x,y)f_1(x,y) + \big(1-\alpha(x,y)\big)f_2(x,y), \qquad con\ \alpha(x,y) \in [0,1]$$

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Francisco J. Hernandez-Lopez

fcoj23@cimat.mx

WebPage:

www.cimat.mx/~fcoj23