

Procesamiento de Bajo Nivel



REALZADO DE IMÁGENES

Autor: Dr. Boris X. Vintimilla

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Sesión VI

VI. REALZADO DE IMÁGENES



Imagen original

REALZADO
DE IMÁGEN



Imagen realzada

Sesión VI

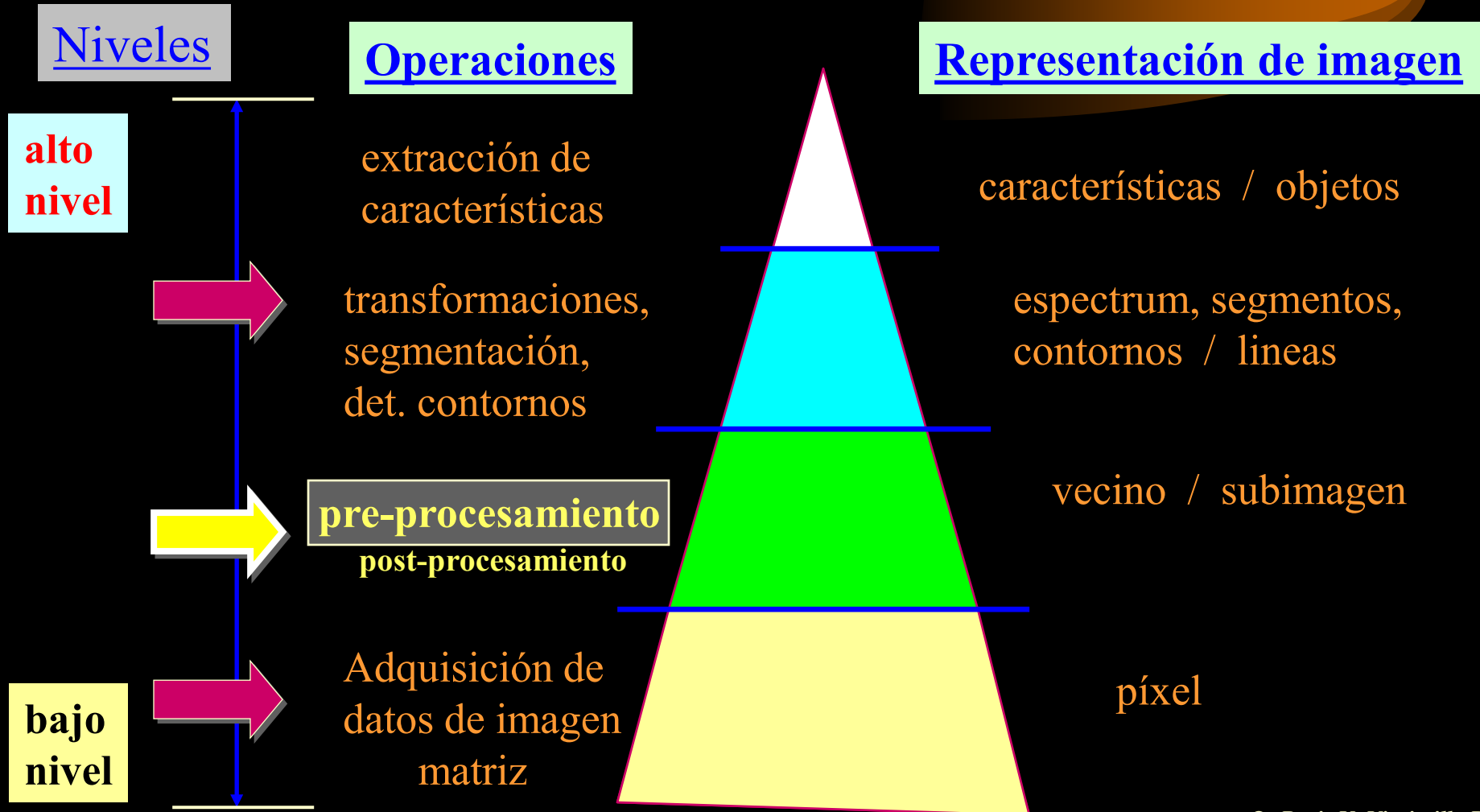
VI. REALZADO DE IMÁGENES



- 1. Introducción**
2. Modificación de escala de grises
3. Sharpening de imágenes
4. Suavizado de imágenes

Introducción

Niveles de procesamiento



Introducción

Para qué sirven ?

- Las técnicas de realzado de imágenes son usadas para enfaticar y resaltar características de imágenes para su posterior análisis y/o visualización.
- Algunas aplicaciones de DIP o VC usan el realzado de imagen como un paso de preprocesamiento para facilitar la solución a un problema, por ejemplo, *resaltar los contornos de un objeto* de interés en la escena. También es útil, donde la visualización humana es requerida antes del futuro procesamiento.

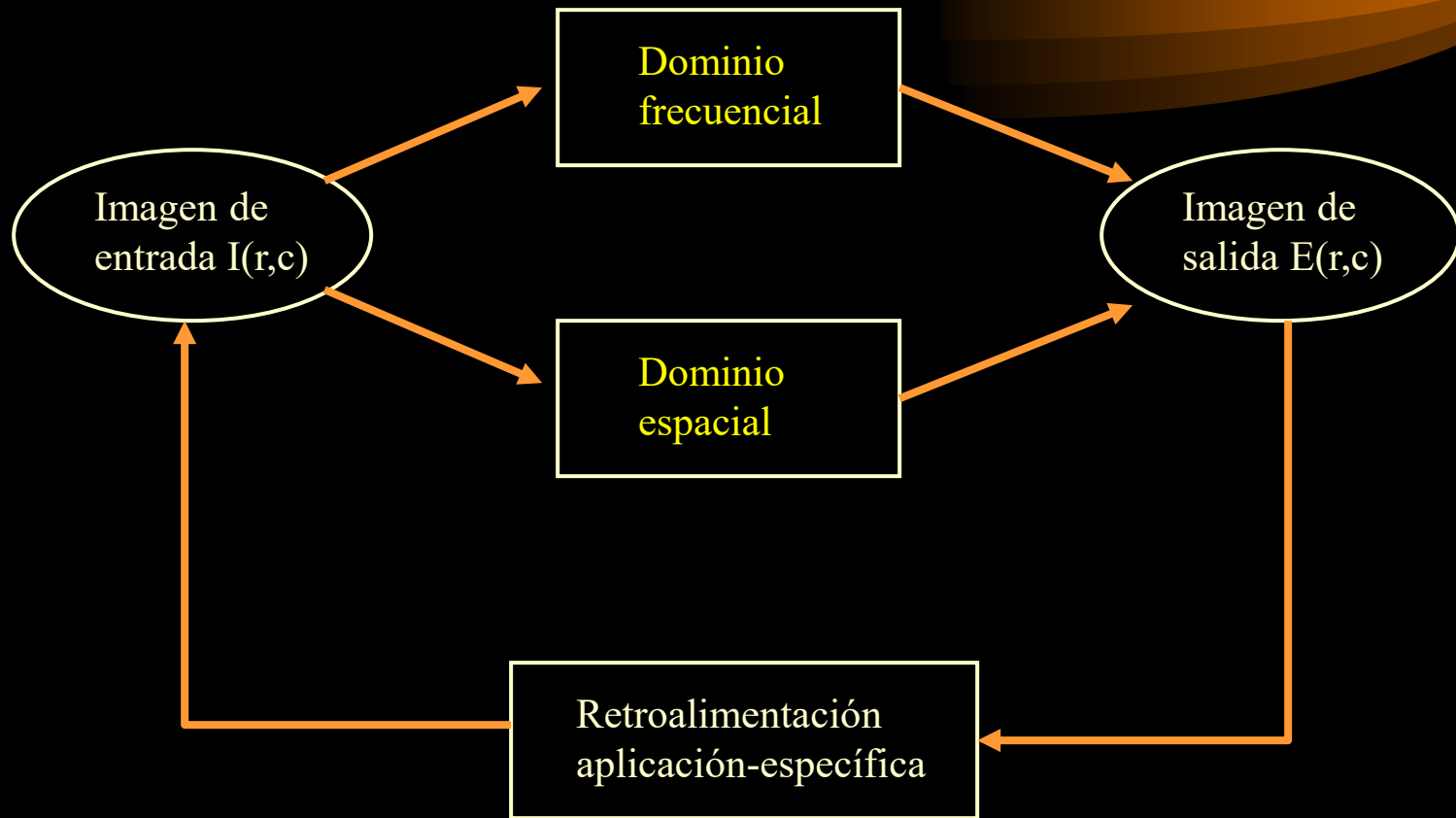
Introducción

Realzado de Imágenes

- Otro camino para usar las operaciones de **realzado** es como un estado de **postprocesamiento**, para mejorar la apariencia de una imagen, por ejemplo: en un proceso de compresión de imagen para disminuir el efecto “blocky” que se genera en la imagen resultante después de la descompresión.
- Los métodos de realzado son aplicaciones específicas y muchas veces son desarrolladas empíricamente.

Introducción

Modelo General del Sistema: Dominios de trabajo



Modelo general sistema-realzado de imagen

Introducción

Dominios de trabajo

- Normalmente los **métodos de realzado** operan en el dominio **espacial** manipulando los datos de píxeles, o en el dominio **frecuencial** modificando las componentes espectrales. Algunos algoritmos de realzado usan ambos dominios espacial y frecuencial.
- Existen **diversas técnicas para realzar los píxeles de una imagen**. Estas técnicas usualmente se basan en:
 - ➡ Operaciones de punto
 - ➡ Operaciones de máscara
 - ➡ Operaciones globales

Introducción

Tipos de técnicas

- ➡ *Operaciones de punto*: cada píxel es modificado de acuerdo a una ecuación que no depende de otros valores de píxeles.
- ➡ *Operaciones de máscara*: cada píxel es modificado de acuerdo a los valores de los píxeles vecinos (usando máscaras de convolución).
- ➡ *Operaciones globales*: cada píxel es modificado tomando en consideración todos los valores de los píxeles.

Introducción

Realzado de Imágenes



- Los **métodos de realzado** que **trabajan en el dominio espacial** incluyen los **3 tipos de técnicas**: operaciones de punto, máscara y globales.
- Mientras que, los que **trabajan en el dominio frecuencial**, por naturaleza de las transformadas frecuenciales, solo incluye las **operaciones globales**.

Sesión IV

IV. REALZADO DE IMÁGENES



1. Introducción



2. **Modificación de escala de grises**

3. Sharpening de imágenes

4. Suavizado de imágenes

Modificación de Escala de Grises

Para qué sirven ?

- Los métodos de modificación de escala de grises realzan la imagen aplicando la *técnica de operaciones de punto*, para esto **usan una ecuación de mapeo** que cambia los valores de brillo de los píxeles de la imagen.
- Esta ecuación de mapeo típicamente es lineal y mapea los valores de nivel de gris a otros valores especificados.
- Las **aplicaciones típicas incluyen**: realzado de contraste y realzado de características.

Modificación de Escala de Grises

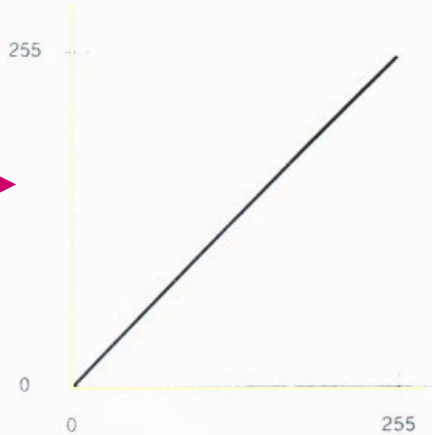
Para qué sirven ?

- Las operaciones iniciales **aplicadas** al rango de escala de grises de una imagen son **para comprimir** o **alargar** el rango de distribución de los valores de nivel de gris.
- Típicamente, se **comprime** los **rangos** de nivel de gris que son de **poco interés**, y por otro lado, **alargamos** los **rangos** de niveles de gris donde **deseamos más información**.
- Una gráfica de este efecto es mostrado en la siguiente diapositiva:

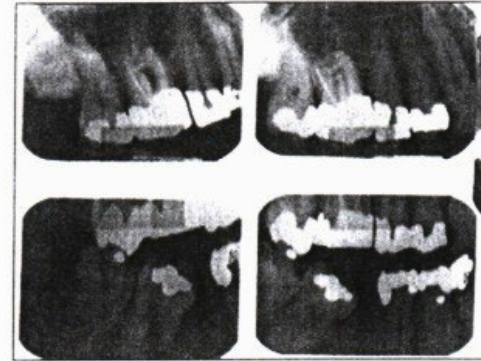
Modificación de Escala de Grises

Ecuación de mapeo lineal

Figure 4.2-2 Intensity-Level Slicing



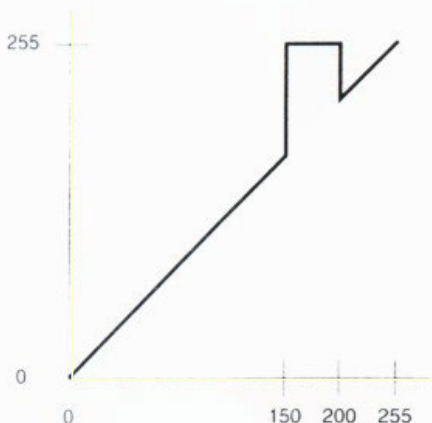
a. This operation returns the original gray levels.



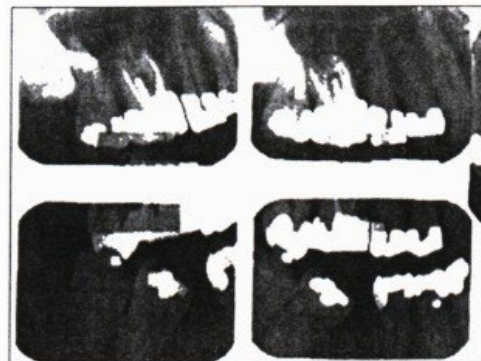
b. Original image.

Imagen original

Mapeo de un rango de N.G. deseado



c. This operation intensifies the desired gray-level range, while not changing the other values.



d. Image sliced to emphasize gray values from 150 to 200; background unchanged.

Imagen modificada

Modificación de Escala de Grises

Cómo trabajan ?

- Este método **selecciona valores** de nivel de gris **específicos** de interés para ser **mapeados** luego a **valores determinados**.



Imagen original

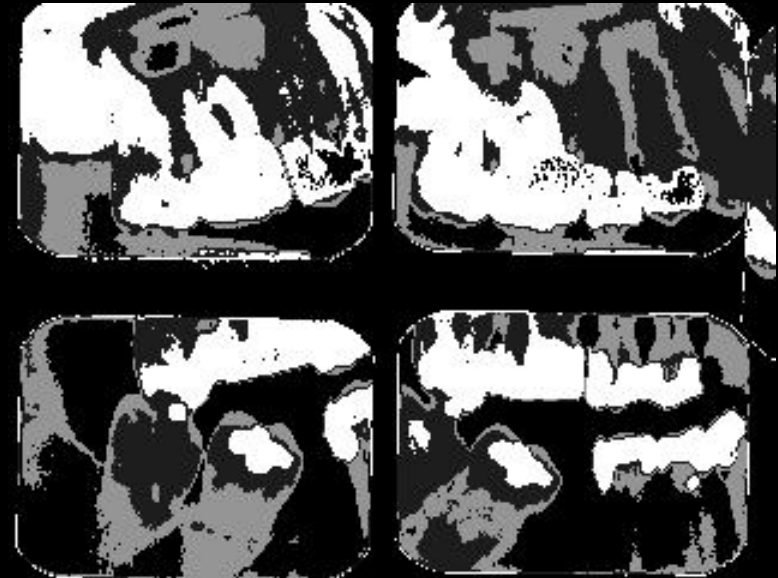


Imagen cortada (sliced) para enfatizar los valores de gris

Modificación de Escala de Grises

Cómo trabajan ?

- Si después de haber aplicado la ecuación de mapeo, la **pendiente** de la recta resultante de la distribución de los niveles de gris **está entre 0 y 1**, el proceso ejecutado es llamado *compresión de niveles de gris*, mientras que si la pendiente es **mayor que uno**, este es llamado *alargamiento de niveles de gris*.

Sesión VI

VI. REALZADO DE IMÁGENES



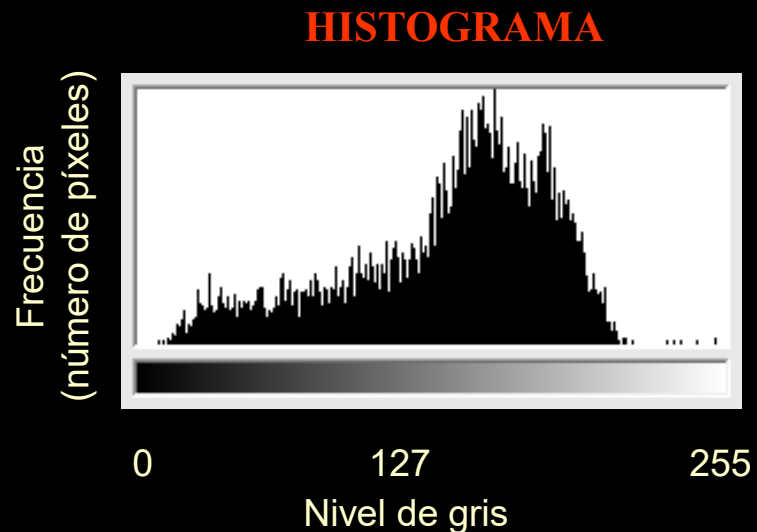
1. Introducción
2. Modificación de escala de grises
 - 2.1 Modificación de histogramas
 - 2.2 Ecualización de histogramas
 - 2.3 Realzado adaptativo del contraste
3. Sharpening de imágenes
4. Suavizado de imágenes



Modificación de Escala de Grises

Modificación de Histogramas

- La modificación de histogramas es un **camino alternativo** a la **modificación de niveles de gris**.
- El **histograma de una imagen** representa las **frecuencias de los diferentes valores de gris en la imagen** (f.d.p. de intensidades).

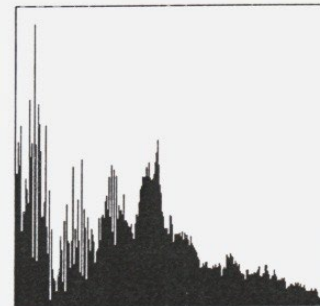


Modificación de Escala de Grises

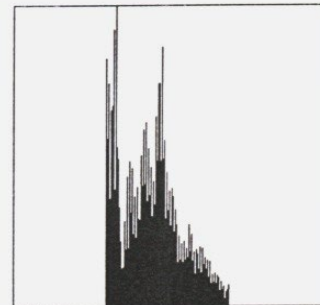
Imagen
alto
contraste



Imagen
bajo
contraste



b. Histogram of image (a).



d. Histogram of image (c).

histograma
con
distribución
ancha

histograma
con
distribución
baja

- En general, un **histograma con una baja distribución** tiene un bajo contraste, mientras que un **histograma con una ancha distribución** tiene un alto contraste.

Modificación de Escala de Grises

Modificación de Histogramas

- Una característica de la distribución de un histograma, es que si la distribución se agrupa en la parte baja del rango producirá una imagen oscura y un histograma con valores agrupados en la parte superior del rango producirá una imagen con demasiado brillo.
- Tomando en cuenta estas características, el histograma de una imagen puede ser modificado mediante el uso de una función de mapeo.

Modificación de Escala de Grises

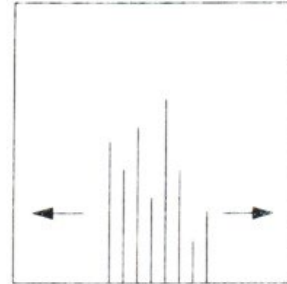
Modificación de Histogramas

- Existen 3 formas para realizar la modificación de histogramas:
 - ➡ Alargamiento de histogramas (stretch)
 - ➡ Compresión de histogramas (shrink)
 - ➡ Desplazamiento de histogramas (slide)

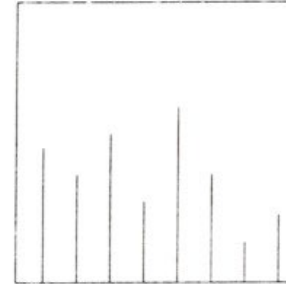
El efecto de aplicar estas técnicas es mostrado a continuación:

Modificación de Escala de Grises

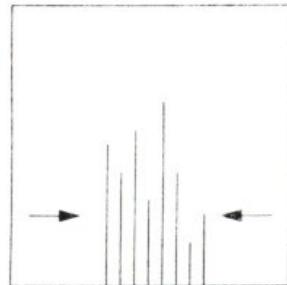
alargamiento
de histograma



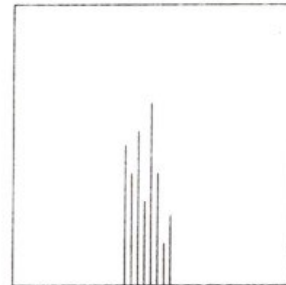
a. Histogram stretch.



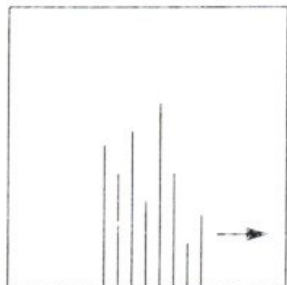
compresión
de histograma



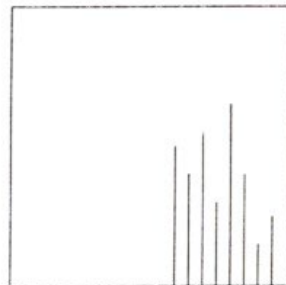
b. Histogram shrink.



desplazamiento
de histograma



c. Histogram slide.



Modificación de Escala de Grises

Modificación de Histogramas

☞ Alargamiento de histograma

- La **función** de mapeo viene **definida** por la siguiente ecuación:

$$STRETCH(I(r,c)) = \left[\frac{I(r,c) - I(r,c)_{MIN}}{I(r,c)_{MAX} - I(r,c)_{MIN}} \right] [MAX - MIN] + MIN$$

$I(r,c)_{MAX}$ = es el valor de nivel de gris mas alto en la imagen $I(r,c)$.

$I(r,c)_{MIN}$ = es el valor de nivel de gris mas bajo en la imagen $I(r,c)$.

MAX y MIN = corresponden al valor máximo y mínimo de nivel de gris posible (para una imagen de 8 bits, estos son: 0 y 255).

Modificación de Escala de Grises

Modificación de Histogramas

☞ Alargamiento de histograma

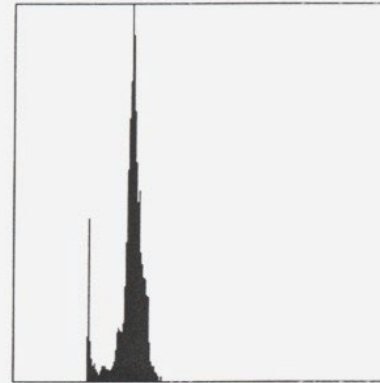
- Su función principal es **incrementar el contraste** de una **imagen de bajo contraste**.
- Un ejemplo que muestra el resultado obtenido de aplicar esta operación sobre una imagen degradada es mostrado abajo:

Modificación de Escala de Grises

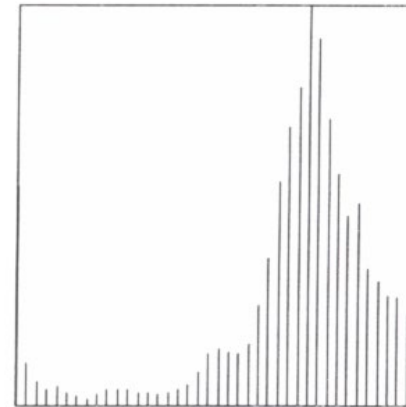
Imagen original
bajo contraste



Imagen después del alargado de
histograma con corte en valores
alto y bajo



b. Histogram of original image.



f. Histogram of image (e).

histograma
original

histograma
alargado

Modificación de Escala de Grises

Modificación de Histogramas

☞ Compresión de Histograma

- Esta operación es la opuesta a la operación de alargamiento de histograma. Su **función** es **disminuir el contraste de la imagen** comprimiendo la distribución de los niveles de gris.
- La **función** de mapeo viene **definida** como:

$$SHRINK(I(r,c)) = \left[\frac{Shrink_{MAX} - Shrink_{MIN}}{I(r,c)_{MAX} - I(r,c)_{MIN}} \right] [I(r,c) - I(r,c)_{MIN}] + Shrink_{MIN}$$

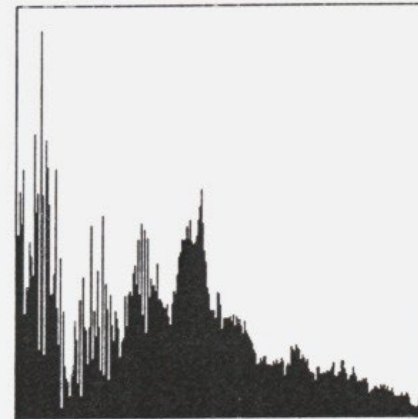
$Shrink_{MAX}$ y $Shrink_{MIN}$ corresponden al valor máximo y mínimo deseado en el histograma comprimido.

Modificación de Escala de Grises

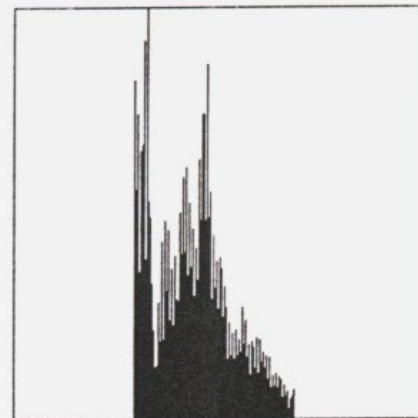
Imagen original



Imagen después de la compresión de histograma



b. Histogram of image (a).



d. Histogram of image (c).

histograma original

histograma comprimido

Modificación de Escala de Grises

Modificación de Histogramas

☞ Desplazamiento de Histograma

- Su **función** es hacer una **imagen más oscura o más clara**, reteniendo la relación entre los valores de nivel de gris.
- Este proceso es ejecutado simplemente añadiendo o sustrayendo un número fijo a todos los valores de nivel de gris, tal como se define en la **ecuación**:

$$SLIDE(I(r, c)) = I(r, c) + offset$$

offset es el valor de desplazamiento a aplicar sobre el histograma.

Modificación de Escala de Grises

Modificación de Histogramas

➡ Desplazamiento de Histograma

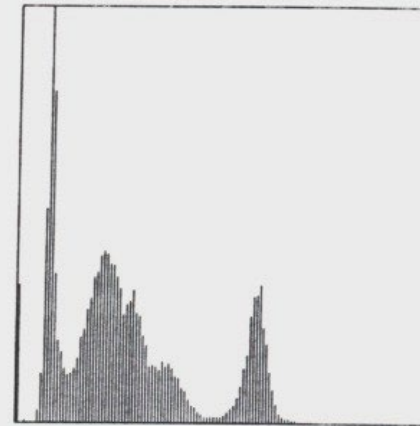
- Si los valores desplazados sobrepasan los valores máximos y mínimos permitidos, este cortará en el máximo valor o mínimo respectivo, produciéndose de esta forma, una saturación.
- Un ejemplo de aplicar este operador es mostrado a continuación:

Modificación de Escala de Grises

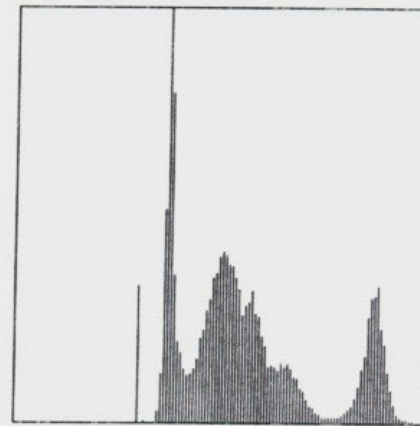
Imagen
original



Imagen después del
desplazamiento de histograma



b. Histogram of original image.



d. Histogram of image after sliding.


histograma
original

histograma
desplazado

Sesión VI

VI. REALZADO DE IMÁGENES



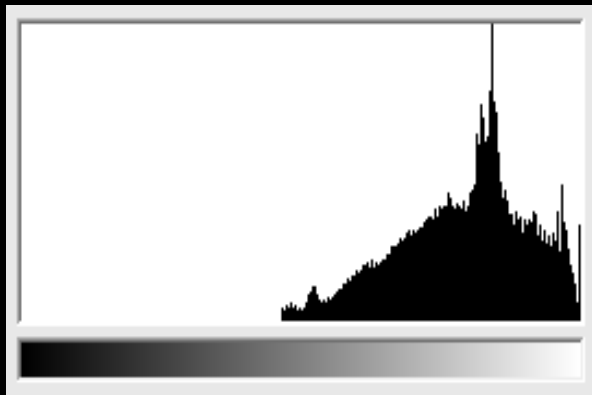
1. Introducción
2. Modificación de escala de grises
 - 2.1 Modificación de histogramas
 -  2.2 Ecualización de histogramas
 - 2.3 Realzado adaptativo del contraste
3. Sharpening de imágenes
4. Suavizado de imágenes

Modificación de Escala de Grises

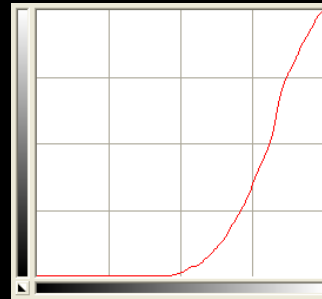
Ecualización de Histogramas

- La ecualización del histograma es una transformación definida de forma que el histograma resultante se reparte uniformemente en todo el rango de grises.

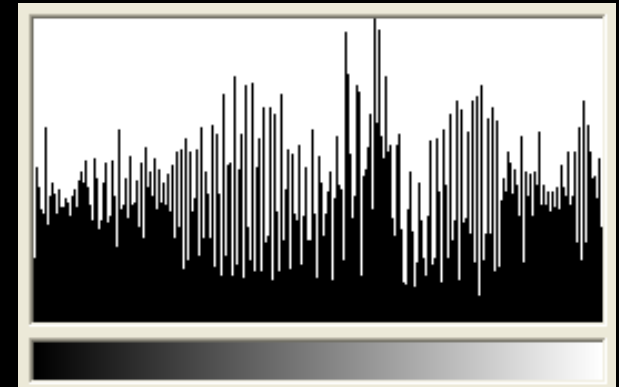
Histograma original



Función f



Histograma resultante



- f es una función : $f: \text{array}[0..255]$ de byte

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

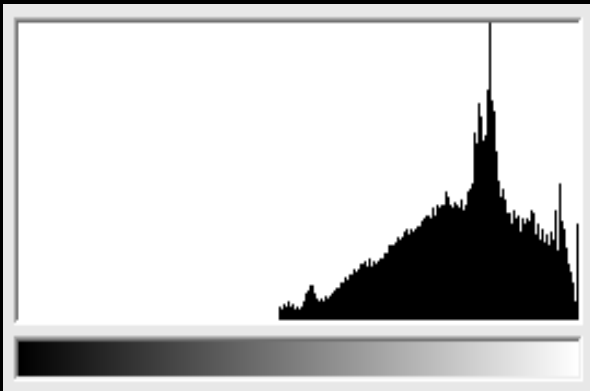
Imagen de entrada: A



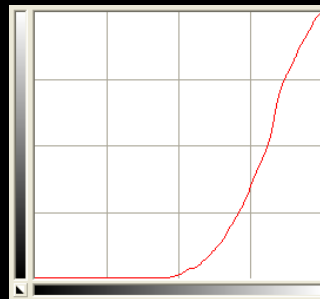
Imagen ecualizada: R



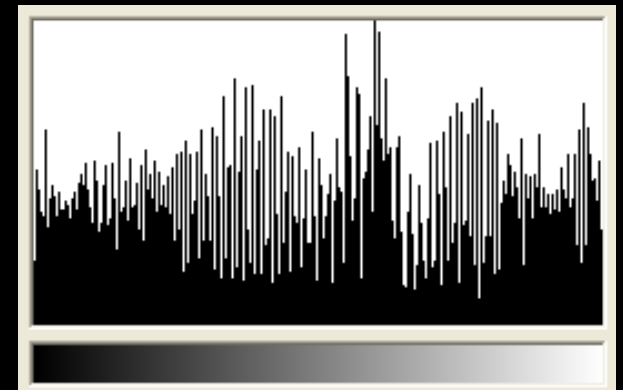
Histograma A



Función f



Histograma R



Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

- El **proceso de ecualización** del histogramas para imágenes digitales **consiste de cuatro pasos**:
 - 1) Hallar la suma corrida de los valores del histograma.
 - 2) Normalizar los valores del paso 1) dividiendo por el número total de píxeles.
 - 3) Multiplicar los valores del paso 2) por el máximo valor de nivel de gris (según el número de bits/pixels en la imagen), y luego se procede a redondear este valor resultante.
 - 4) Mapear los valores originales de nivel de gris a los valores resultantes obtenidos en el paso 3), usando una correspondencia uno-a-uno.

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

- Ejemplo: Considere una imagen con 8 bits/píxel, tal que el posible rango de valores es de 0 a 255, y su actual histograma es como se muestra en la siguiente tabla:

Valores de nivel de gris	# píxeles (valores del histograma)
0	10
1	8
2	9
3	2
4	14
5	1
6	5
7	2

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

- Ejemplo: Considere una imagen con 8 bits/píxel, tal que el posible rango de valores es de 0 a 255, y su actual histograma es como se muestra en la siguiente tabla:

Valores de nivel de gris	# píxeles (valores del histograma)
0	10
1	8
2	9
3	2
4	14
5	1
6	5
7	2

Handwritten red annotations showing cumulative counts:

- Between 0 and 1: 18
- Between 1 and 2: 27
- Between 2 and 3: 29
- Between 3 and 4: 43
- Between 4 and 5: 44
- Between 5 and 6: 49
- Between 6 and 7: 51

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

- Paso 1: Realiza una suma corrida de los valores del histograma. Esto significa si el primer valor es 10, el segundo es $10+8=18$, el próximo $10+8+9=27$, y así sucesivamente.

Por tanto, tendremos $\Rightarrow 10, 18, 27, 29, 43, 44, 49, 51$.

- Paso 2: El número total de píxeles es:

$$10+8+9+2+14+1+5+2=51.$$

Por tanto, tendremos $\Rightarrow 10/51, 18/51, 27/51, 29/51, 43/51, 44/51, 49/51, 51/51$.

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

- Paso 3: Multiplique este valor por el valor máximo de nivel de gris, en este caso 255, y luego redondee el resultado al entero más cercano.

Por tanto, tendremos $\Rightarrow 50, 90, 135, 145, 215, 220, 245, 255$

- Paso 4: Esto es hecho como sigue:

Valores de nivel de gris original

0
1
2
3
4
5
6
7

valores resultantes \rightarrow histograma ecualizado

50
90
135
145
215
220
245
255

Modificación de Escala de Grises

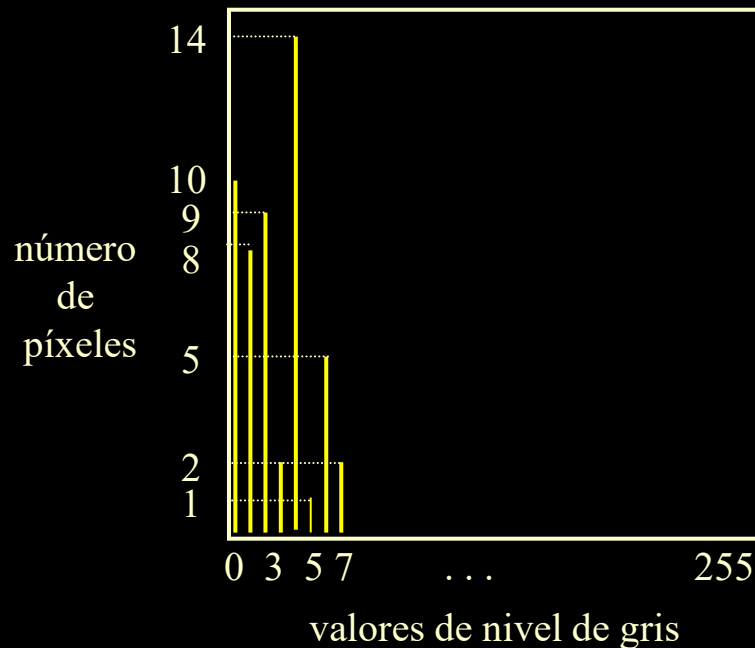
Ecualización de Histogramas

- Por tanto, todos los píxeles con nivel de gris 0 son fijados a 50, los valores de 1 son fijados a 90, los valores de 2 son fijados a 135, los de 3 a 145, y así sucesivamente.
- La siguiente gráfica muestra el histograma original y el histograma ecualizado resultante para este ejemplo:

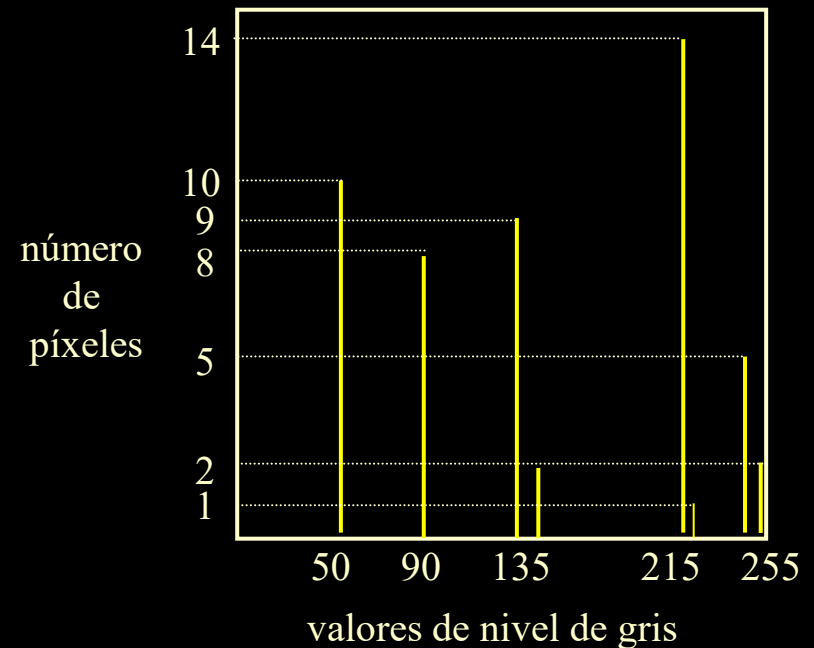
Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

Ecualización de Histograma



Histograma Original



Después de la Ecualización



Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

imagen
original



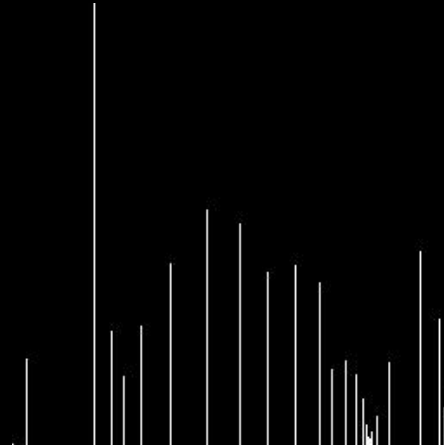
histograma
original



Imagen resultante
después de la
ecualización
de histograma



histograma
ecualizado



Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas

imagen
original



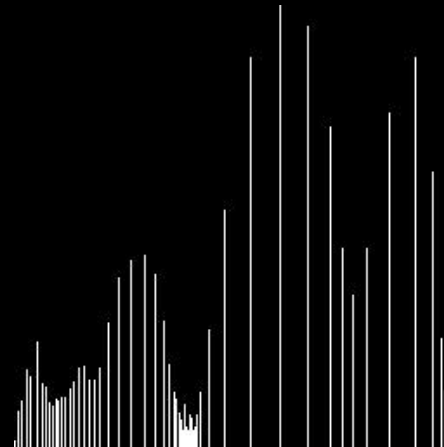
histograma
original



Imagen resultante
después de la
ecualización
de histograma



histograma
ecualizado



Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

- ✓ Especificación de histograma:
 - Es el proceso de definir un histograma y a partir de este modificar el histograma de la imagen original. Este proceso puede ser realizado como sigue:
 - 1) Encontrar la tabla de mapeo para el histograma ecualizado de la imagen original.
 - 2) Especificar el histograma deseado.
 - 3) Encontrar la tabla de mapeo para el histograma ecualizado deseado.

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

✓ Especificación de histograma:

- 4) Mapear los valores originales a los valores del paso 3, usando la tabla del paso 1.

Un ejemplo que detalla los pasos necesarios para la aplicación del operador de histograma especificado es el siguiente:

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

✓ Especificación de histograma:

- Paso 1:

Valores de nivel de gris original - O

0

1

2

3

4

5

6

7

valores histograma ecualizado - H

50

90

135

145

215

220

245

255

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

✓ Especificación de histograma:

• Paso 2:

Valores de nivel de gris	# de píxeles: en histograma deseado
0	1
1	5
2	10
3	15
4	20
5	0
6	0
7	0

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

✓ Especificación de histograma:

• Paso 2:

Valores de nivel de gris

0

1

2

3

4

5

6

7

de píxeles: en histograma deseado

1

5

10

15

20

0

0

0

Handwritten red annotations for the histogram data:

- 1 → 6
- 5 → 16
- 10 → 31
- 15 → 51
- 20 → 51
- 0 → 51
- 0 → 51
- 0 → 51

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

✓ Especificación de histograma:

• Paso 3:

Valores de nivel de gris

0

1

2

3

4

5

6

7

valores histograma ecualizado - S

redondear $(1/51)*255 = 5$

redondear $(6/51)*255 = 30$

redondear $(16/51)*255 = 80$

redondear $(31/51)*255 = 155$

redondear $(51/51)*255 = 255$

redondear $(51/51)*255 = 255$

redondear $(51/51)*255 = 255$

redondear $(51/51)*255 = 255$

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

- ✓ Especificación de histograma:
- Paso 4: Mapear los valores originales a los valores del paso 3 usando la tabla del paso 1. Esto es hecho fijando una tabla que resulta de combinar las tablas del paso 1 y 3.
- La tabla combinada consistirá de **O** y **H** del paso 1, **S** del paso 3 y **M** que facilita los valores de nivel de gris resultantes, tal como:

O	H	S	M
0	50	5	1
1	90	30	2
2	135	80	3
3	145	155	3
4	215	255	4
5	220	255	4
6	245	255	4
7	255	255	4

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

- ✓ Especificación de histograma:
- La columna M para esta tabla se obtuvo mapeando el valor de H al valor más cercano en S y luego usando la correspondiente fila en O para la entrada en M .
- Por ejemplo : la primera entrada en H es “50”. Encontrando el valor más cercano en S es “30”. Este “30” de S aparece en la fila 1, por tanto escribimos un “1” para aquella entrada en M .

Modificación de Escala de Grises

Ecualización de Histogramas: caso especial

- ✓ Especificación de histograma:
 - Para los valores “215, 220, 245 y 255” de **H**, el valor mas cercano en **S** aparece en las filas 4-5-6-7. Si escogemos el máximo valor, esto producirá un máximo contraste, mientras si el valor más bajo es seleccionado esto producirá una imagen cambiando más gradualmente.
 - Típicamente el valor más bajo es seleccionado.

Sesión VI

VI. REALZADO DE IMÁGENES



1. Introducción
2. Modificación de escala de grises
 - 2.1 Modificación de histogramas
 - 2.2 Ecualización de histogramas
 - ➔ 2.3 Realzado adaptativo del contraste
3. Sharpening de imágenes
4. Suavizado de imágenes

Modificación de Escala de Grises

Realzado Adaptativo del Contraste : *Cómo trabaja ?*

- El operador *ACE* (*adaptive contrast enhancement*) **modifica los valores de nivel de gris** de una imagen **basado en algún criterio** que ajusta ciertos parámetros de la imagen, tales como cambio de características locales.
- Típicamente este operador es **ejecutado sobre** un bloque de la imagen original (**subimágen**), en lugar de hacerlo sobre la imagen entera. Por lo que es llamado ***Realzado local***.
- El filtro de *ACE* es **usado** para **ajustar el contraste** en diferentes regiones de la imagen.

Modificación de Escala de Grises

Realzado Adaptativo del Contraste

- Este *filtro es adaptativo* dado que su comportamiento *cambia basado en estadísticas locales de la imagen*. La relación que **define el filtro ACE** es:

$$ACE = k_1 \left[\frac{m_{I(r,c)}}{\sigma_l(r,c)} \right] [I(r,c) - m_l(r,c)] + k_2 m_l(r,c)$$

donde:

$m_{I(r,c)}$: media para la imagen entera $I(r, c)$

σ_l : desviación estándar local (ventana bajo consideración centrado en el píxel (r,c))

m_l : media local (ventana bajo consideración centrado en el píxel (r,c))

k_1, k_2 : constantes variando entre 0 y 1.

Modificación de Escala de Grises

Realzado Adaptativo del Contraste

- De la ecuación anterior podemos ver que **este filtro sustrae la media local ($m_{I(r,c)}$) de los datos originales ($I(r,c)$) y pesa este resultado por el factor de ganancia local:**

$$ACE = k_1 \left[\frac{m_{I(r,c)}}{\sigma_l(r,c)} \right] [I(r,c) - m_l(r,c)] \dots$$

$$k_1 \left[\frac{m_{I(r,c)}}{\sigma_l(r,c)} \right]$$

- Esto tiene el efecto de intensificar las variaciones locales y puede ser controlada por la constante k_1 , por ejemplo:
 - ✓ **Áreas de bajo contraste** (valores bajos de $\sigma_l(r,c)$) **son aumentados.**

Modificación de Escala de Grises

Realzado Adaptativo del Contraste

- Al final de la ecuación la media local es añadida al resultado, pesada por k_2 , lo cual sirve para restaurar el brillo promedio de la región local en la imagen.

$$ACE = k_1 \left[\frac{m_{I(r,c)}}{\sigma_I(r,c)} \right] [I(r,c) - m_I(r,c)] + \overbrace{k_2 m_I(r,c)}$$

- En la práctica a veces es útil comprimir el histograma de la imagen antes de aplicar este filtro, y además, limitar el factor de ganancia local.
- Un ejemplo de evaluación de este operador sobre una imagen de prueba es mostrado en la siguiente diapositiva:

Modificación de Escala de Grises

Realzado Adaptativo del Contraste

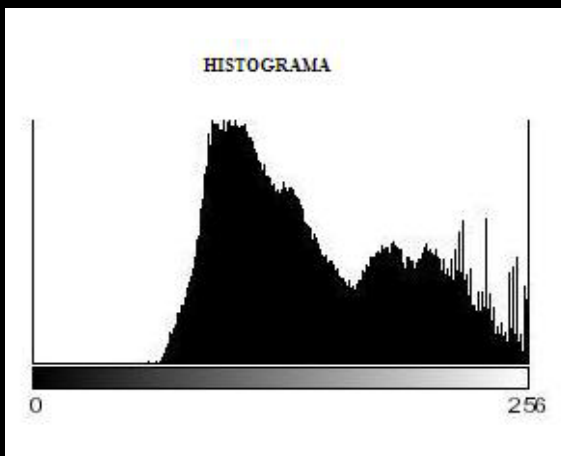


Imagen e Histograma original

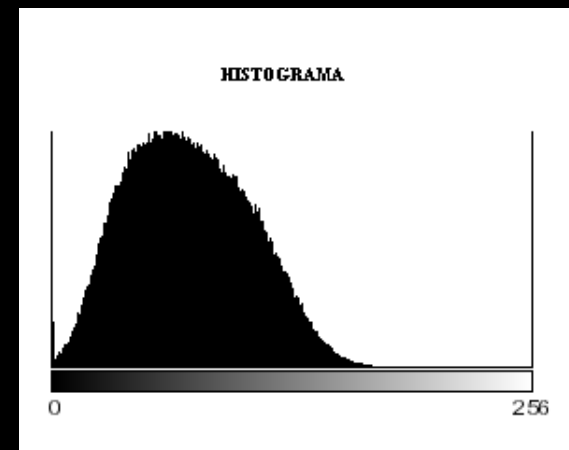


Imagen e Histograma resultante - Filtro
ACE, $k_1=0.6$; $k_2=0.9$; máscara: 7x7

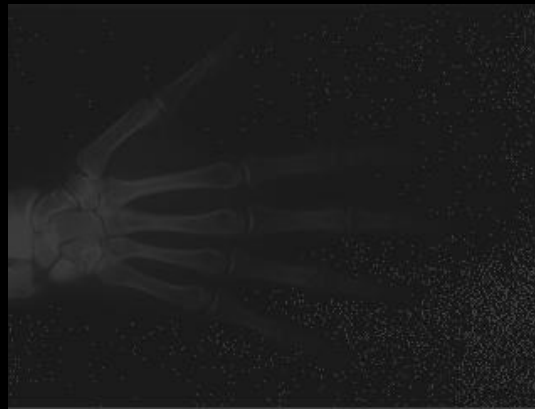
Modificación de Escala de Grises

Realzado Adaptativo del Contraste

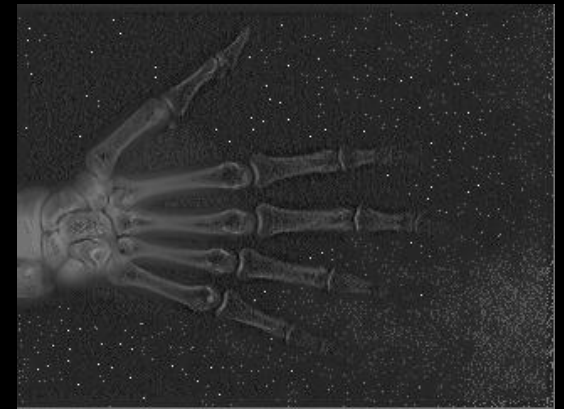
Filtro de Realzado de Contraste Adaptativo.



Imagen original



Versión Shrink
histograma, [25,60]




Filtro ACE con
parámetros $k_1=0.9$;
 $k_2=1.0$, ganancia
local máxima = 5

Sesión VI

VI. REALZADO DE IMÁGENES



1. Introducción
2. Modificación de escala de grises
-  3. **Sharpening de imágenes - (*afinamiento*)**
4. Suavizado de imágenes

REALZADO DE IMÁGENES

Deber - Laboratorio # 8:

→ **Deber:** Implementar los algoritmos de realzado:

→ Modificación de histogramas:

1) Alargamiento, 2) Compresión, y
3) Desplazamiento.

☞ **Próxima clase: 5 minutos c/exposición.**

→ Otros ejercicios propuestos (sólo para practicar).

1) Implementar el algoritmo de Modificación de Escala de Grises, Desplazamiento de histograma, ...

¿ Preguntas ?

