"Diseño e Implementación de una Herramienta Didáctica de Software para el Procesamiento Digital Básico de Imágenes para los Estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación"

Por: Alex F. Guerrero E.
Fecha: 04/02/2010

Tipos de Imágenes:

- Una imagen natural capturada con una cámara, un telescopio, un microscopio o cualquier otro tipo de instrumento óptico presenta una variación de sombras y tonos continua. Imágenes de este tipo se llaman ***imágenes analógicas.***

- Para que una imagen analógica, en blanco y negro, en escala de grises o a color, pueda ser "manipulada" usando un computador, primero debe convertirse a un formato adecuado. Este formato es la ***imagen digital*** correspondiente.

- La transformación de una imagen analógica a otra discreta se llama ***digitalización*** y es el primer paso en cualquier aplicación de procesamiento de imágenes digitales.

Captura de Imagen

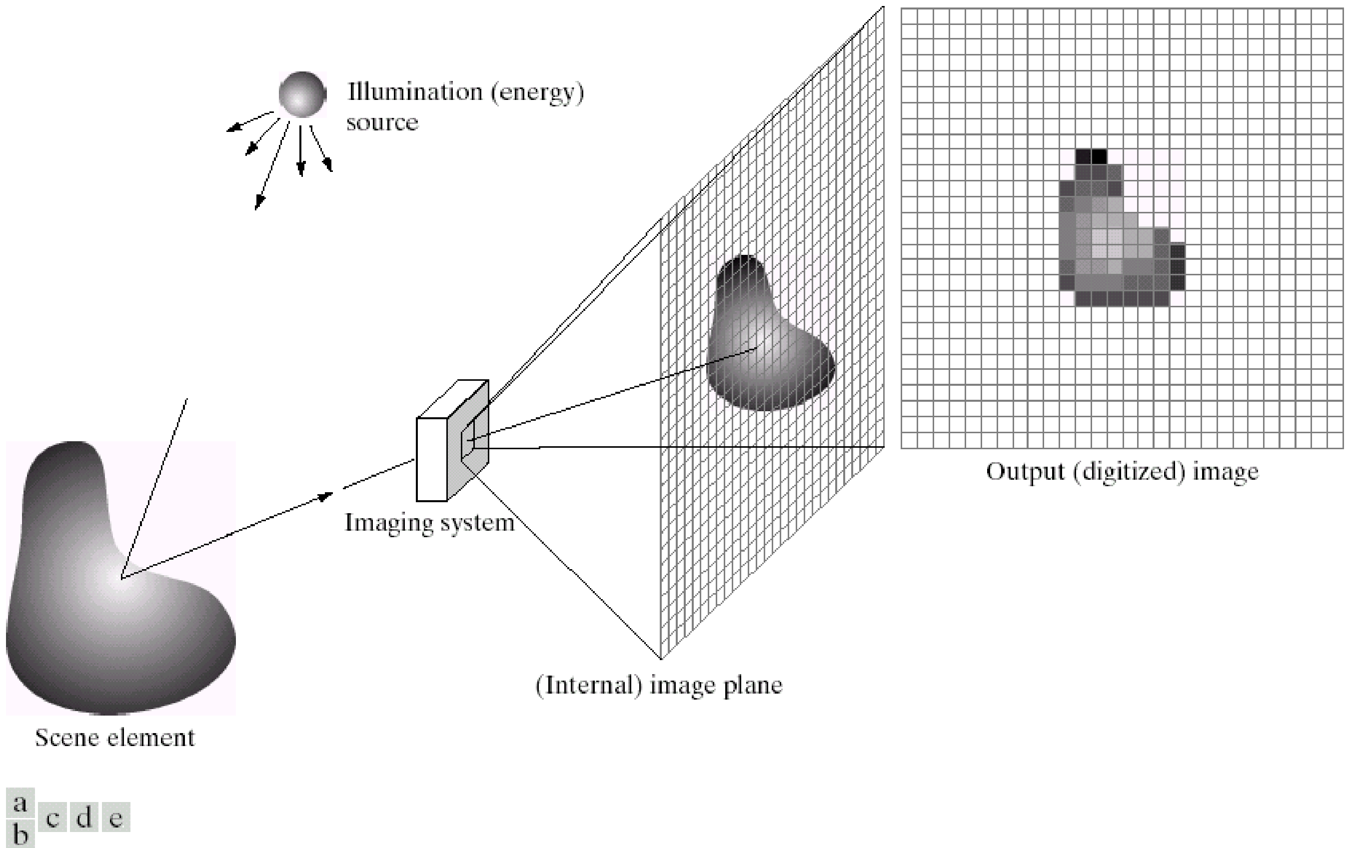


FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy ("illumination") source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

Clasificación de imágenes digitales:

- Clasificación de imágenes digitales:
  - Por dimensión: Imágenes 2D y 3D
  - Por paleta de colores: imágenes binarias, en escala de grises y a color.

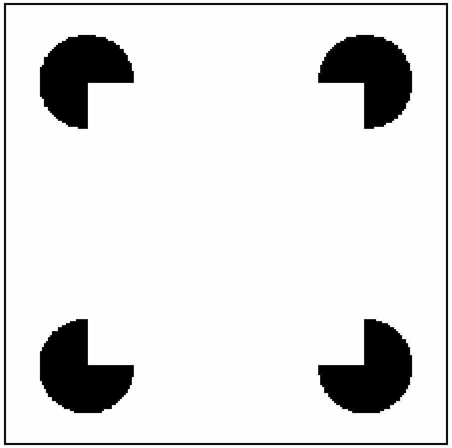


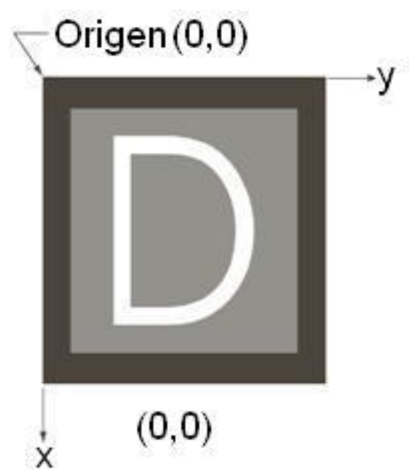
Imagen binaria

Imagen en escala de grises

Imagen a color

Imágenes en 2D

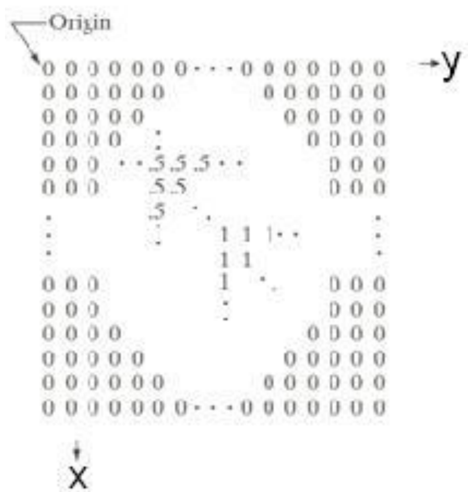
- Nos centraremos en imágenes digitales cuadradas o rectangulares, cuyos píxeles (x,y) representan regiones cuadradas.
- La coordenada x especifica la fila donde está localizado el píxel; la coordenada y representa la columna.
- Por convención, el píxel $(0,0)$ está localizado en la esquina superior izquierda de la imagen.



Imágenes en 2D

- Una **imagen digital de** MxN **píxeles en escala de grises (con L niveles de gris) es una función**
  - ***f: [0,M-1] x [0,N-1] -> [0, L-1],***

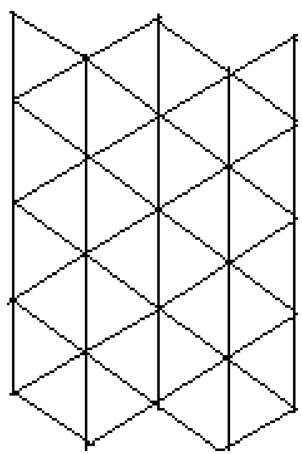
  tal que a cada punto (píxel) (x,y), le asigna un valor (nivel de gris).



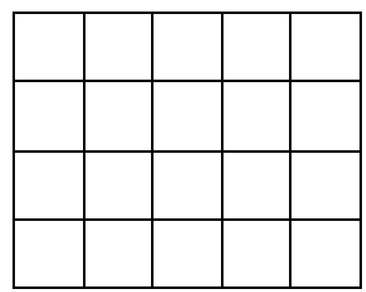
- La cuantificación consiste en una paleta de 256 niveles de gris (donde 0 indica el color negro y 255 el color blanco):

Muestreo

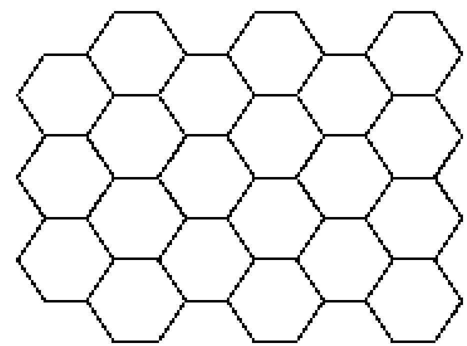
- Consiste en una subdivisión de la imagen analógica en porciones. Nos centraremos en imágenes 2D. Existen particiones que envuelven polígonos regulares: triángulos, cuadrados y hexágonos.



Mallado triangular



Mallado cuadrangular



Mallado hexagonal

Cuantificación

- La salida de estos sensores es un valor (**amplitud**) dentro de una escala (**color**). La salida pueden ser, o bien un único valor (**escala de grises**) o bien un vector con tres valores por polígono (**RGB**) que se corresponden con la intensidad de color rojo (R), verde (G) y azul (B). La escala de colores también tiene un rango discreto (por ejemplo, de 8-bits = 256 valores).

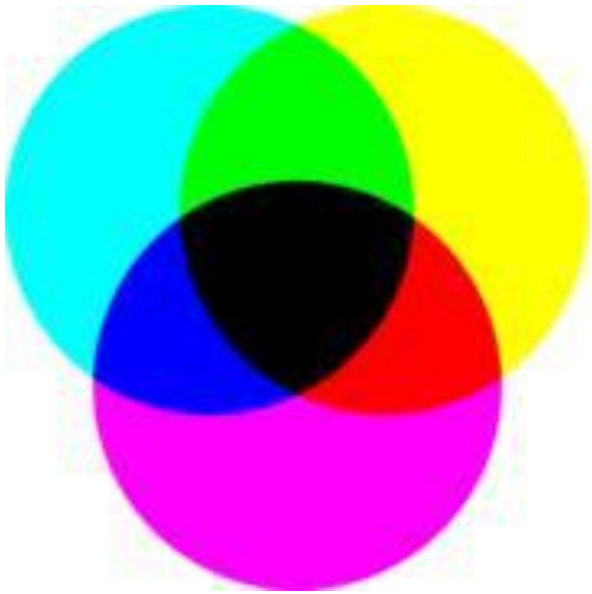
  Las imágenes en escala de grises con sólo 2 colores: blanco y negro (0 y 1, respectivamente), se llaman ***imágenes binarias***.

  A este proceso de discretización del color se le llama c**uantificación**.

  Un polígono de color constante se llamará ***píxel***.

Colores RGB y CMY

- El **cian** es el opuesto al rojo, lo que significa que actúa como un filtro que absorbe dicho color (-R +G +B).**Magenta** es el opuesto al verde (+R -G +B) y **amarillo** el opuesto al azul (+R +G -B).



Imágenes a color: Modelo RGB

- Las imágenes digitales a color están gobernadas por los mismos conceptos de muestreo, cuantificación y resolución que las imágenes en escala de grises.

- Sin embargo, en lugar de un único valor de intensidad que expresa el nivel de gris, los píxeles de las imágenes a color están cuantificados usando tres componentes independientes uno por cada color primario (**RGB = rojo, verde y azul**).

- Combinando distintas intensidades de estos tres colores, podemos obtener todos los colores visibles.

Modelo CMY

- En algunos casos, son más apropiados modelos diferentes del RGB para algoritmos y aplicaciones específicas. De cualquier manera, cualquier otro modelo sólo requiere una conversión matemática simple para obtener el modelo RGB.

- **Para imprimir** una imagen digital, es necesario convertir la imagen RGB al modelo CMY (**cian-magenta-amarillo**).

- La conversión es:

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L \\ L \\ L \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix}$$

siendo L+1 es la cantidad de niveles de color de la imagen.

Ej. Conversión de colores

- Imagen comparativa en la que se observan las diferencias en el color entre el modelo RGB (izquierda) y el modelo CMYK (derecha).

Modelo YIQ

- El modelo YIQ se usa en las **televisiones** comerciales.
- Básicamente, YIQ es una recodificación de RGB para mantener la compatibilidad con las televisiones en blanco y negro. De hecho, la componente **Y** (***luminancia***) provee toda la información requerida para una televisión en blanco y negro. La conversión de RGB a YIQ es:

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

- Si sólo tenemos en cuenta la componente Y de la imagen, lo que obtenemos es una imagen en escala de grises. Así pues, la forma de **obtener una imagen en escala de grises a partir de una en RGB** es aplicando al valor RGB de cada píxel, la fórmula

$$Y = 0.299*R + 0.587*G + 0.114*B.$$

Modelo HSI

- Otro modelo muy utilizado es el HSI que representa el color de una manera intuitiva (es decir, de la forma en los humanos percibimos el color). La componente I se corresponde con la ***intensidad***, H con el ***color*** y S con la ***saturación***. Este modelo es muy utilizado en algoritmos de procesamiento de imágenes basados en propiedades del **sistema de visión humano**.

- La conversión de RGB a HSI es más complicada. Pero la componente I es fácil de calcular:

$$I= 1/3 * (R+G+B)$$

Filtros y Detectores de Borde

Filtro definición

- Se le llama filtrado al proceso mediante el cual se modifica una señal determinada de tal manera que las amplitudes relativas de las componentes en frecuencia cambian o incluso son eliminadas.

- También sirven para restaurar una señal, cuando haya una señal que haya sido deformada de alguna forma.

- La función en Matlab que permite generar un filtro para aplicarlo sobre una imagen en 2-D es *fspecial*, y contiene filtros predefinidos en 2-D.

Filtros en el dominio del espacio:

- Filtros
  - Filtros espaciales
    - Filtros lineales
      - Filtros pasa bajos
      - Filtro pasa altos
      - Filtro pasa bandas
    - Filtros no lineales
      - Filtro max
      - Filtro min
      - Filtro mediana

Filtro espacial

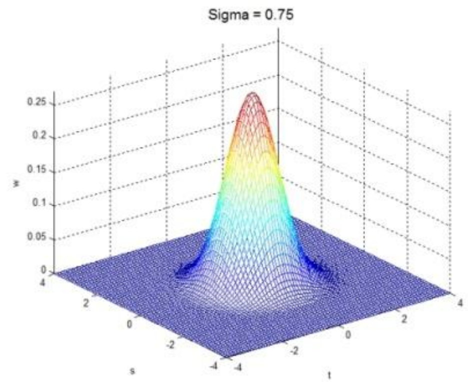
- Es un tipo de operación que altera el valor de un píxel en función de los valores de los píxeles que le rodean.

$$f(x, y) \longrightarrow \boxed{h} \longrightarrow g(x, y)$$

- También se le denomina procesamiento basado en la vecindad u operación de vecindad.

- Filtrar una imagen consiste en aplicar una transformación de forma que se acentúen o disminuyan ciertos aspectos.

Tipos de Filtros



Filtro espacial - convolución

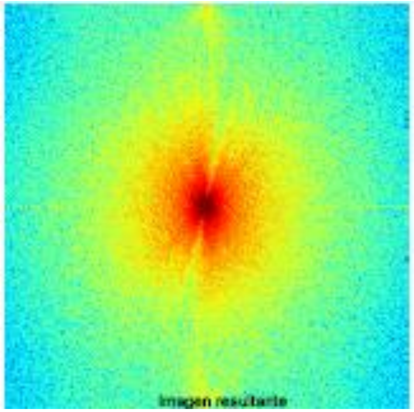
- La alteración del píxel se realiza dependiendo de los valores de los píxeles del entorno sin realizar ninguna modificación previa de sus valores

$$g(x , y) = h(x , y) * f(x , y)$$

Filtrado frecuencial - multiplicación + transformadas de Fourier

- Requiere de la aplicación de la transformada de Fourier.

$$G(u , v) = H(u , v) F(u , v) \quad g(x , y) = T[f(x , y)]$$



Generación de Filtros en Matlab

h = fspecial(*type*)
h = fspecial(*type*, parameters)

Crea un filtro bidimensional h del tipo especificado.
Devuelve como un kernel de correlación, que es la forma adecuada para usar con *imfilter*.

type	description
'average'	Averaging filter
'disk'	Circular averaging filter (pillbox)
'gaussian'	Gaussian lowpass filter
'laplacian'	Approximates the two-dimensional Laplacian operator
'log'	Laplacian of Gaussian filter
'motion'	Approximates the linear motion of a camera
'prewitt'	Prewitt horizontal edge-emphasizing filter
'sobel'	Sobel horizontal edge-emphasizing filter
'unsharp'	Unsharp contrast enhancement filter

Filtro Promedio

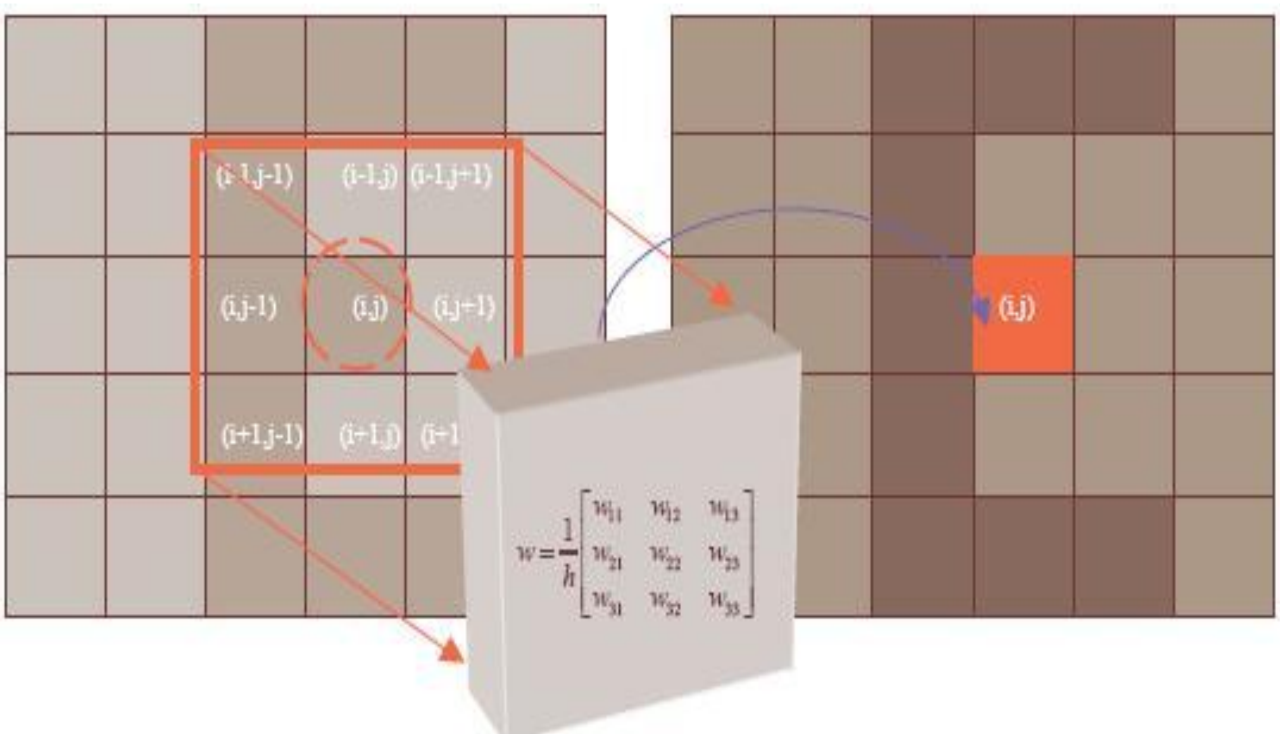
- Obtiene el valor promedio de los pixeles. También se denomina filtro de *media.*

- Su efecto es el difuminado o suavizado de la imagen y se aplica junto con el de mediana para eliminar ruidos.

- Este filtro se puede implementar con la siguiente máscara(kernel) para un tamaño 3x3:

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Filtro Promedio



Ej. Filtro Promedio

Filtro Gaussiano

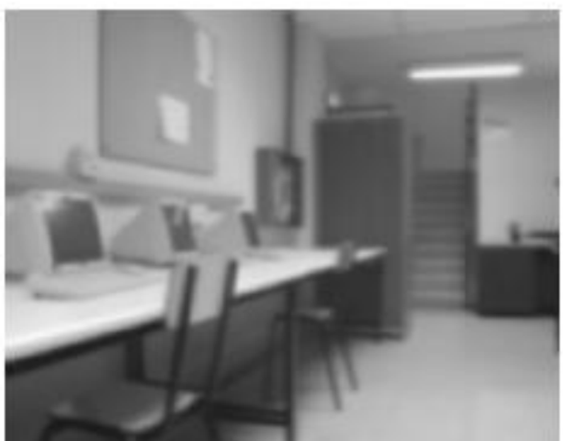
- Se usa para suavizar la imagen
- El suavizado es dependiente de la desviación estándar de la mascara.
- A mayor σ^2 el suavizado es mayor.
- La mascara es no lineal pero el filtro es lineal.

Ej. Filtro Gaussiano

σ= 1

σ= 2

σ= 3



σ= 4

Filtro Unsharp para acentuar contraste

```
>> y=fspecial('unsharp');
```

Imagen Original

Resultado del Filtro

Detectores de Bordes

- Los bordes de una imagen digital se definen como transiciones entre dos regiones de niveles de gris significativamente distintos.

- Métodos basados en el gradiente: detectan los bordes en base a las derivadas espaciales de la imagen que se calculan mediante operadores de convolución

- En Matlab primero se transforma a la imagen original *I(x , y)* a escala de grises por medio de la función *rgb2gray* para poder aplicar la detección de bordes.

Detección

- La suavización de la imagen evita que se sobredetecten los bordes.
- Los máximos de la primera derivada o los cruces por cero de la segunda derivada permiten detectar los bordes.

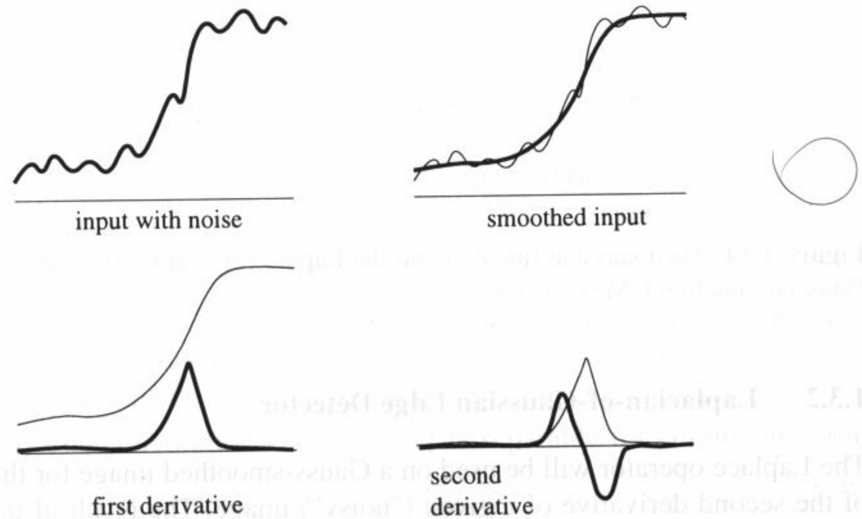


Figure 1.13: Representation of different one-dimensional curves (visualizing gray value distributions in a single image row or column).

Ej. Detección de borde

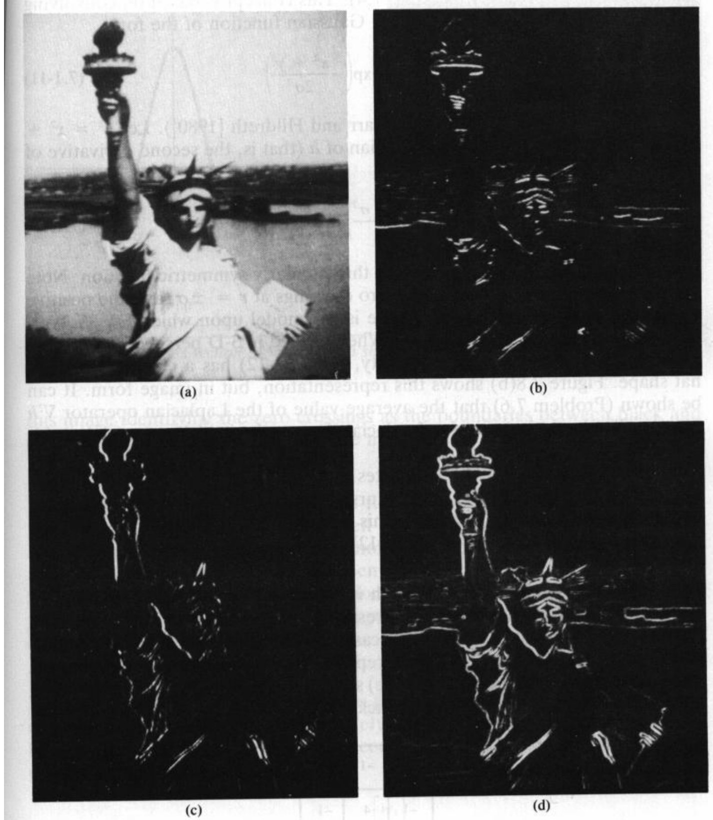


Figure 7.6 *(a) Original image; (b) result of applying the mask in Fig. 7.5(b) to obtain G_x; (c) result of using the mask in Fig. 7.5(c) to obtain G_y; (d) complete gradient image obtained by using Eq. (7.1-5).*

Detector Prewitt

- Se define como la aplicación de 8 matrices pixel a pixel a la imagen. La respuesta es la suma de los bordes bien marcados.

- Los nombres de cada matriz se define como un punto cardinal: Norte, Sur, Este, Oeste, Noroeste, Noreste, Suroeste, Sureste.

- Se invoca a la función *edge* para el detector de borde *'prewitt'* asumiendo los parámetros de umbral (threshold) y la dirección del gradiente (direction) por default. Al definirlo de esta manera se considera en horizontal y vertical.

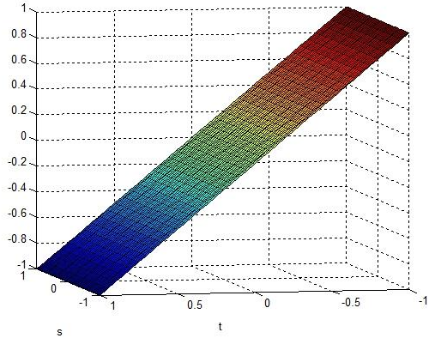
Método de Prewitt

Prewitt

__Prewit__: Acentuar transiciones horizontales

Máscara: w =

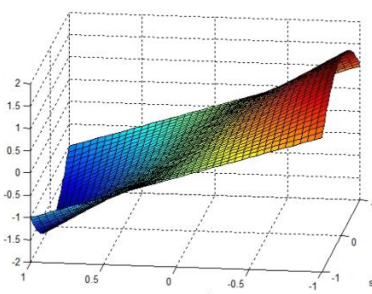
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



__Sobel__: Acentuar transiciones horizontales

Máscara: w =

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$



Para acentuar transiciones verticales usar la transpuesta

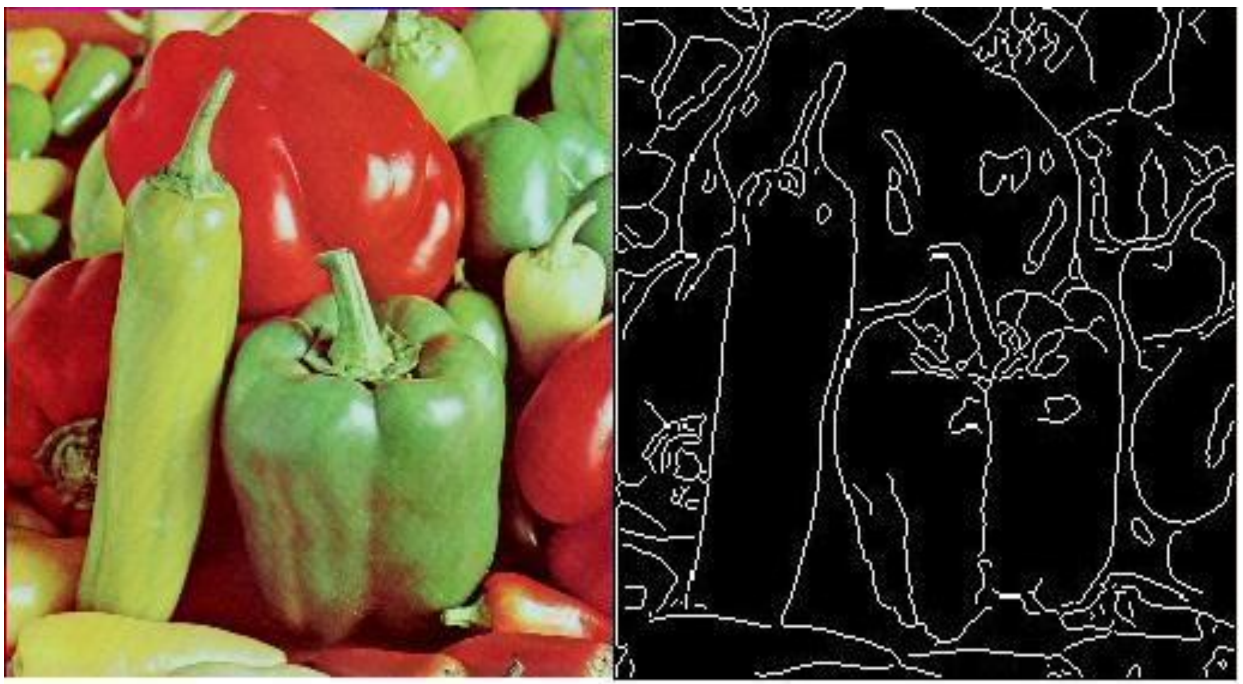
Método de Canny

- El método utiliza dos umbrales, para detectar los bordes fuertes y débiles, e incluye los bordes débiles en la salida sólo si están conectados a los bordes fuertes.

- En este método se tiene más probabilidades de detectar ciertos bordes débiles y se lo considera como uno de los mejores en la detección de bordes.

- El método de Canny encuentra bordes buscando máximos locales del gradiente.

Método de Canny



Prewitt vs. Canny

Filtros Fotográficos

- Los filtros fotográficos permiten ver las imágenes tal y como desea tomarlas y es la razón por la cual son tan importantes.
- Una de las formas mas fáciles de mejorar su fotografía digital es aprender a utilizar los filtros fotográficos.

Filtros Fotográficos

- **Filtros Polarizadores** .- Es un filtro indispensable para eliminar los brillos en el agua y los reflejos en los vidrios.
- **Filtros de Densidad Neutral (ND)**.- Estos son los filtros necesarios para regular el contraste de las escenas.
- **Filtros de Color**.- Los filtros de color permiten cambiar la tonalidad de sus fotografías.
- **Filtros Especializados**.- Dentro de esta categoría se encuentran los filtros que se sales de las otras clasificaciones.

Tipos de Ruido

Aplicados a la herramienta de Matlab

Aplicación en Matlab

- Para agregar ruido a la imagen de ingreso en Matlab se considera a la función *imnoise.*

- Se detallan los siguientes tipos de Ruido:
  - Ruido Gaussiano
  - Ruido Poisson
  - Ruido Sal & Pimienta (Salt&Pepper)
  - Ruido Speckle

Ruido Gaussiano

- En la herramienta didáctica se asume para la función de ruido Gaussiano que el valor predeterminado es cero ruido media *m(µ)* y con una v*(de valor 0,01* de varianza, donde I es la imagen a la cual se va a añadir el ruido.

- Se define ruido blanco como un proceso estocástico que presenta media nula, varianza constante y covarianza nula y si además la distribución es normal, se denomina Ruido Blanco Gaussiano.

$$J = imnoise(I,'gaussian',m,v);$$

- Los comandos que se usan para invocar a la función son:

Ej. Ruido Gaussiano

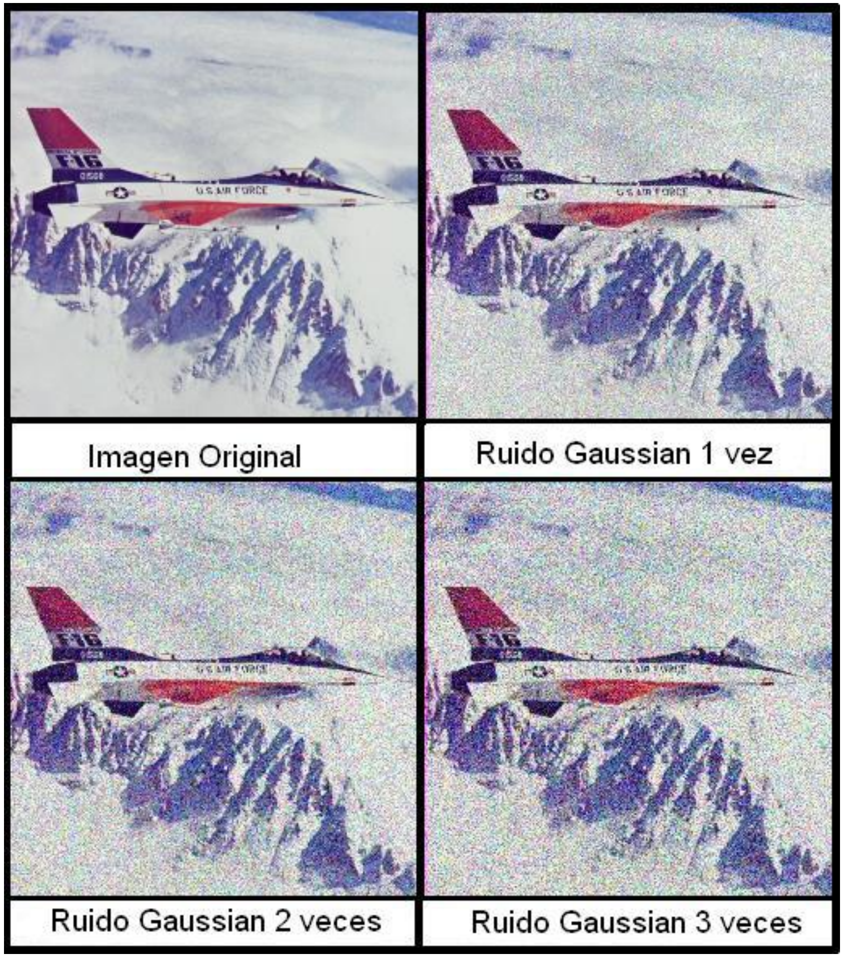


Imagen Original

Ruido Gaussian 1 vez

Ruido Gaussian 2 veces

Ruido Gaussian 3 veces

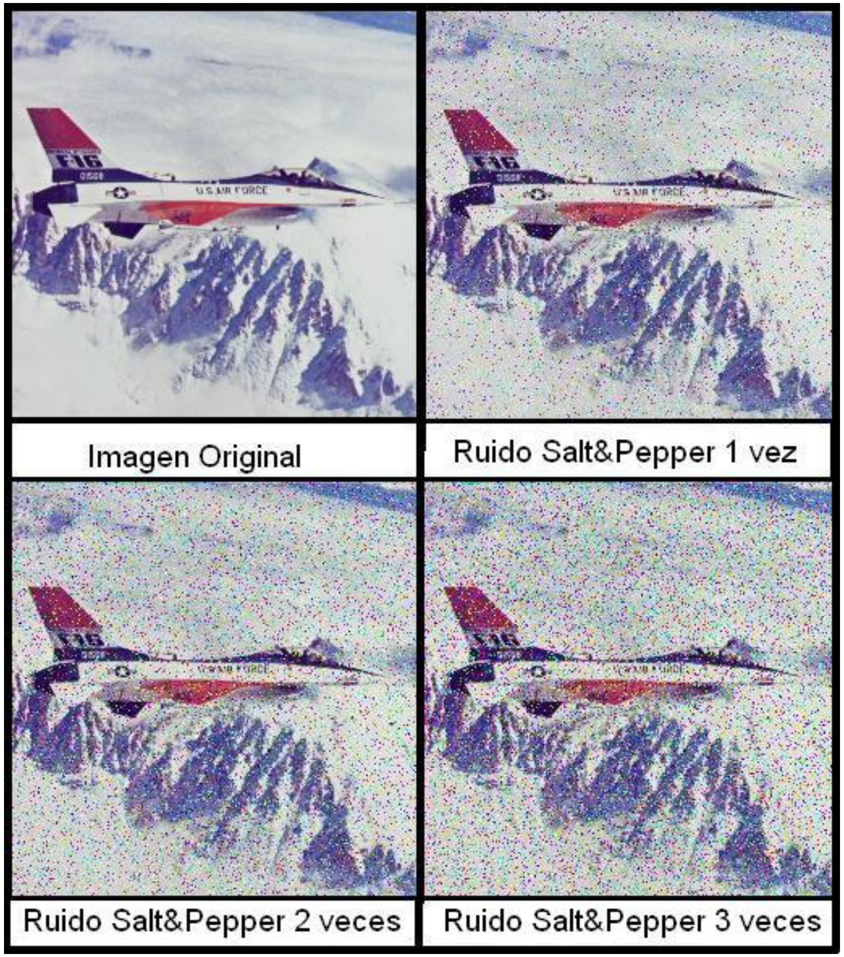
Ruido Sal y Pimienta

- Se define como ocurrencias aleatorias de pixeles completamente blancos y completamente negros. Añade el ruido a la imagen donde d es la densidad del ruido.

- Se afecta aproximadamente a los d*num(I) pixeles. Y en la función se define por defecto un valor de d=0,05.

$$J = imnoise(I,'salt\&pepper',d);$$

Ej. Ruido Sal y pimienta



Ruido Speckle

- Se añade el ruido a la multiplicación de la imagen por medio de la siguiente ecuación:

$$J = I + n * I$$

- Donde n es de distribución uniforme de ruido aleatorio con media   y con varianza v. El valor determinado de v = 0,04. Estos valores se definen por defecto en Matlab.
- La sintaxis para invocar a la función es:

$$J = imnoise(I,'speckle',v);$$

Ej. Ruido Speckle