TEMA 12

REGISTRO Y PROCESADO DE IMÁGENES CLÍNICAS

Grado en Óptica y Optometría
Curso 2010-2011

Pas García Martínez
Amparo Pons Martí

Universitat de València OpenCourseWare

UNIDAD 4
TÉCNICAS DE MANIPULACIÓN DE IMÁGENES

- **Transformaciones de intensidad. Histograma.**
- **Análisis y restauración de imágenes con ruido.**
- **Filtros locales: Texturas y bordes.**
- **Segmentación de imágenes**

Transformar una imagen digital con el fin de mejorar su visualización, realzarla o medir ciertos parámetros

Tema 12.- Restauración de imágenes.

- **Introducción.**
- **Concepto de vecindad y convolución.**
- **Modelos de ruido.**
- **Eliminación del ruido aditivo. Filtros de suavizado.**
- **Eliminación del ruido impulsivo. Filtros de mediana y moda.**
- **Eliminación del ruido multiplicativo. Filtro homomórfico.**

INTRODUCCIÓN

- La imagen se transforma en función de los niveles de gris de cada píxel considerado y de los de su entorno (Filtro)
- Pueden ser:
  - Lineales
  - No lineales:
    - Estadísticas
    - Analíticas
      - Media geométrica
      - Media armónica
      - ....
    - Morfológicas

INTRODUCCIÓN

Proceso de Degradación y Restauración

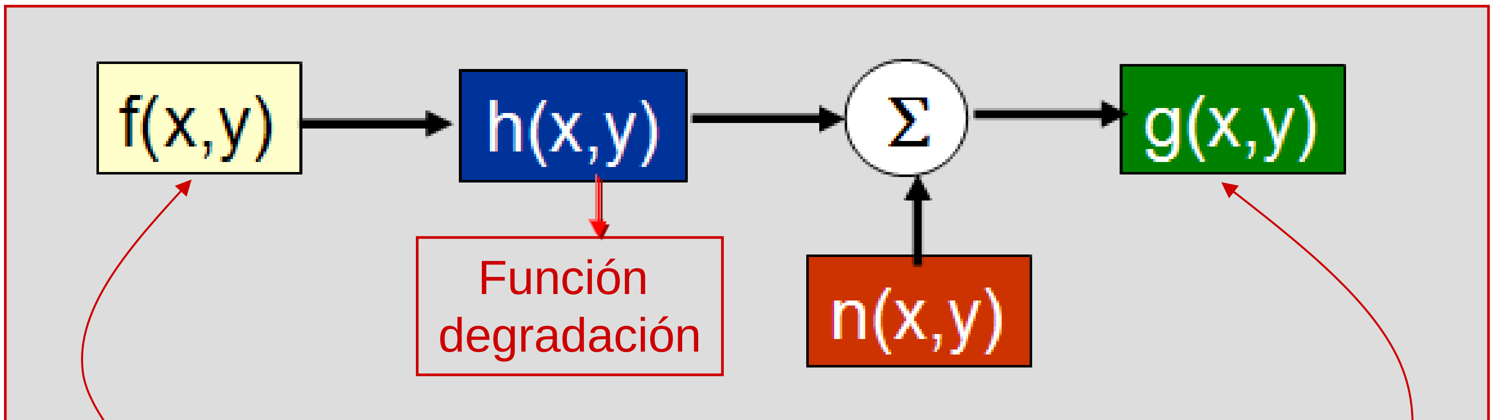


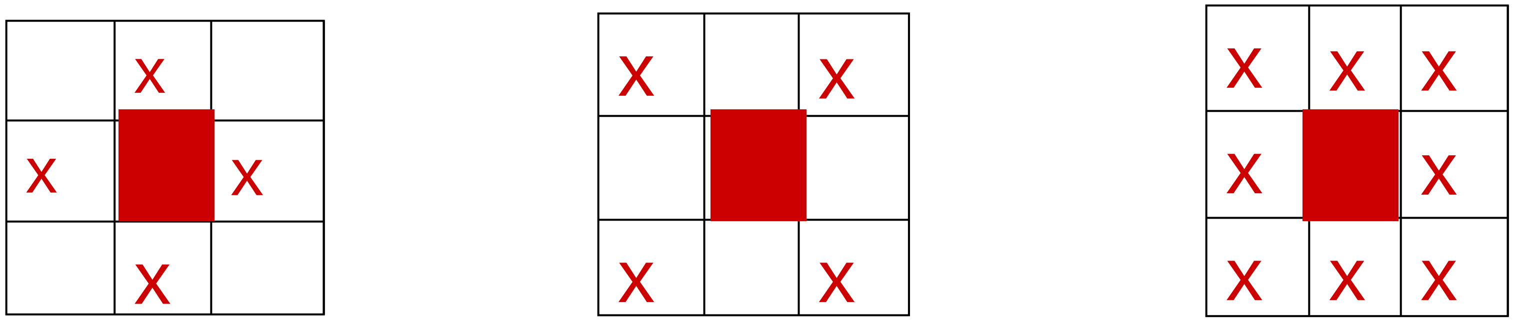
Imagen de Entrada

Imagen Degradada

IMAGEN RESTAURADA
f’(x,y)

Filtros

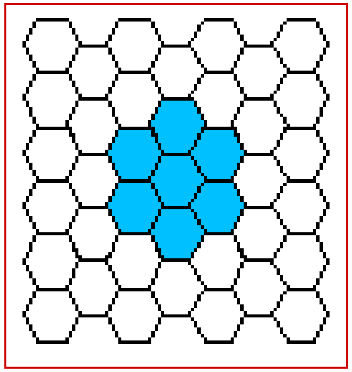
CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN



Contorno de orden 4

Contorno de orden 8

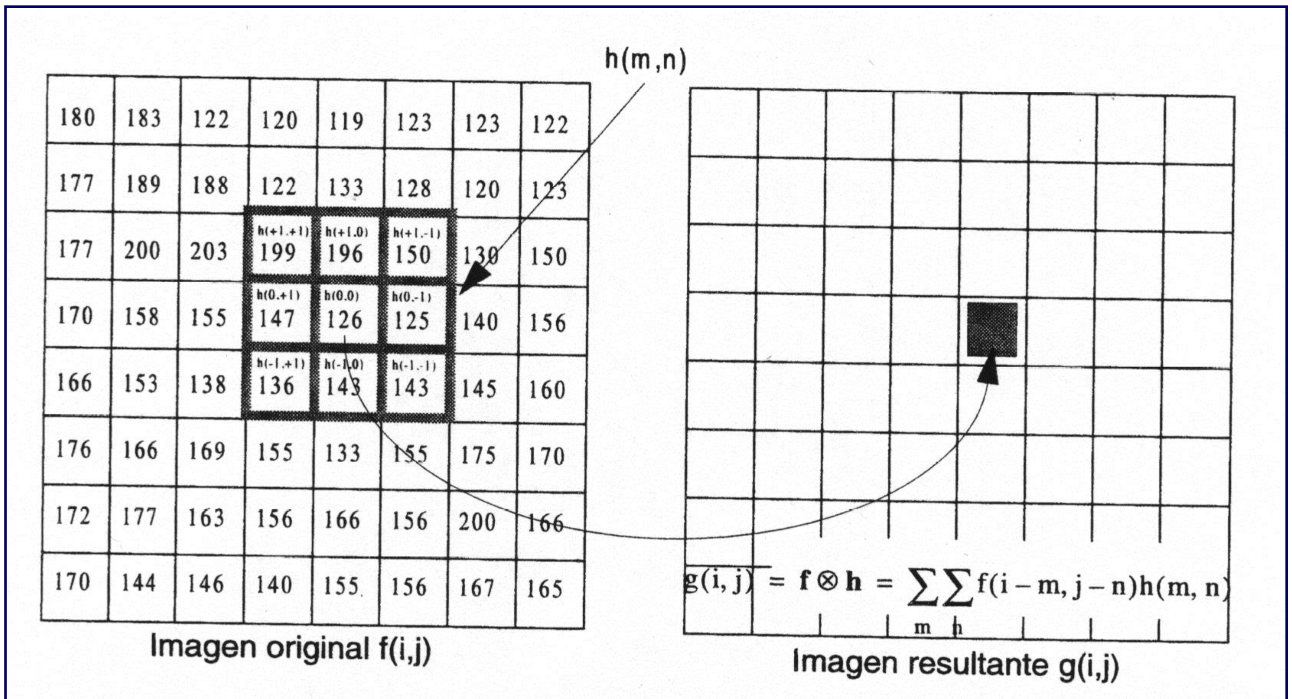
Horizontal: (x-1,y) ; (x+1,y)
Vertical: (x,y-1) ; (x,y+1)
Diagonal: (x-1,y-1) ; (x+1,y-1)
(x-1,y-1) ; (x+1,y+1)



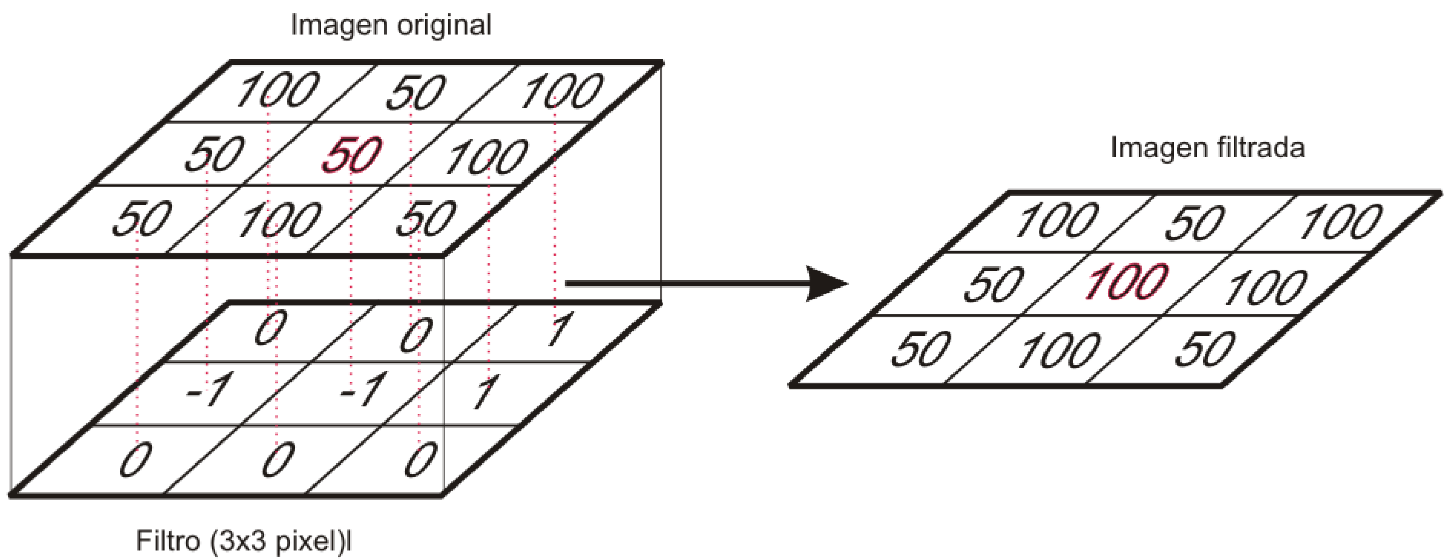
Píxeles Hexagonales

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

$$g(i,j) = f \otimes h = \sum_{m}\sum_{n} f(i-m, j-n)h(m,n)$$

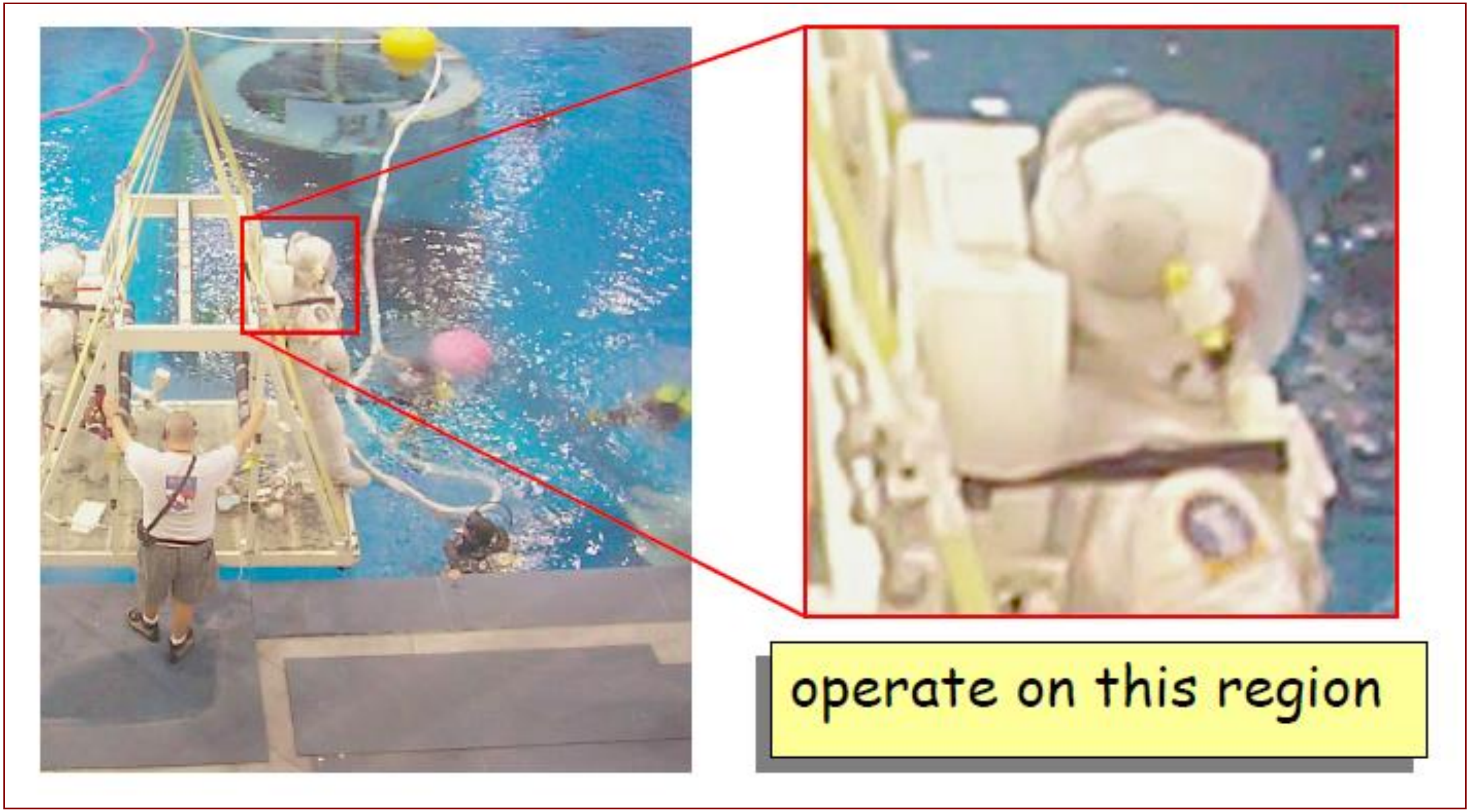


CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

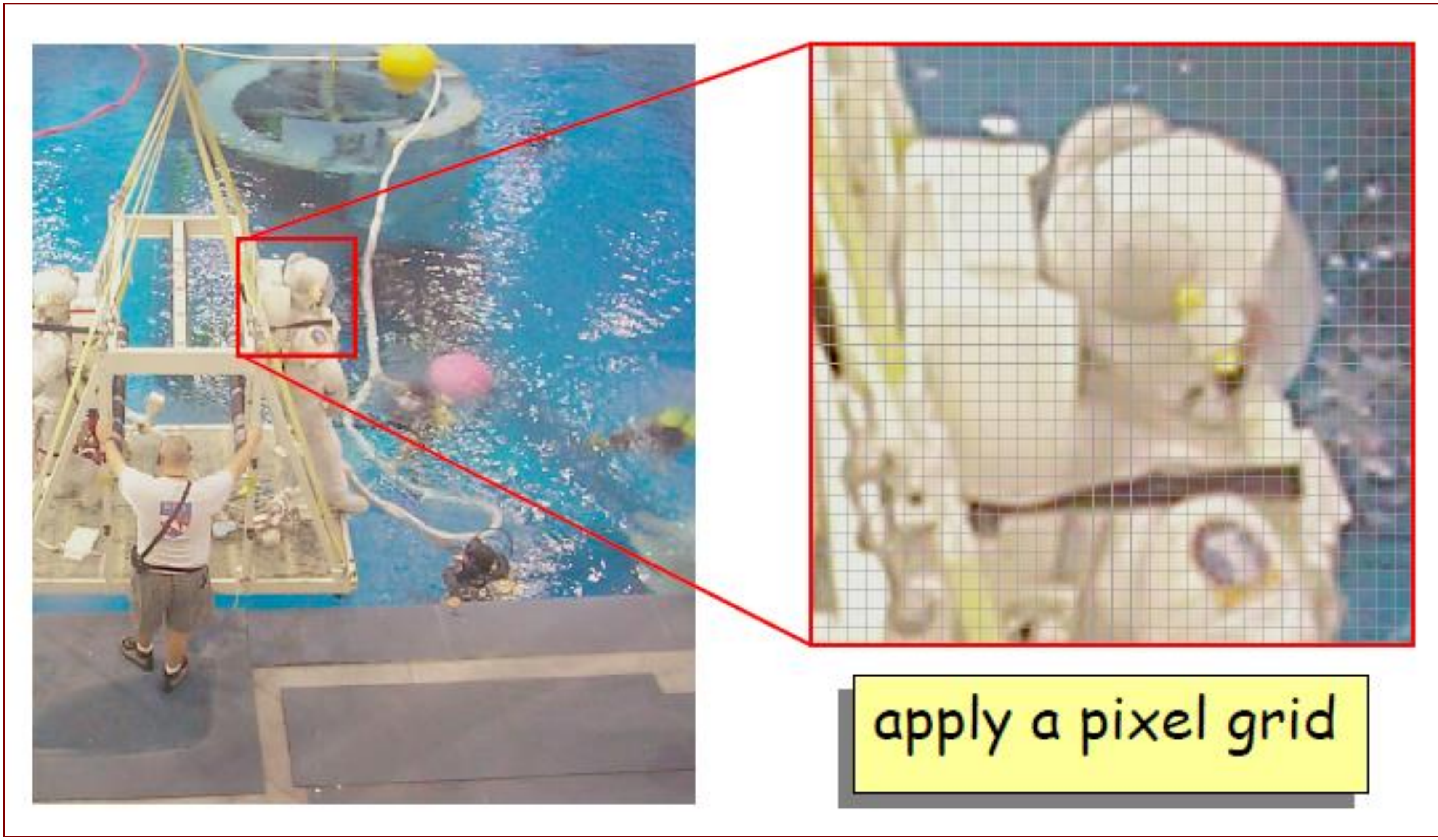


Se cambia el valor de la luminancia del pixel central de la imagen original por el resultado de multiplicar el valor de la luminancia de cada pixel original por el valor correspondiente en el filtro y sumar todas esos productos.

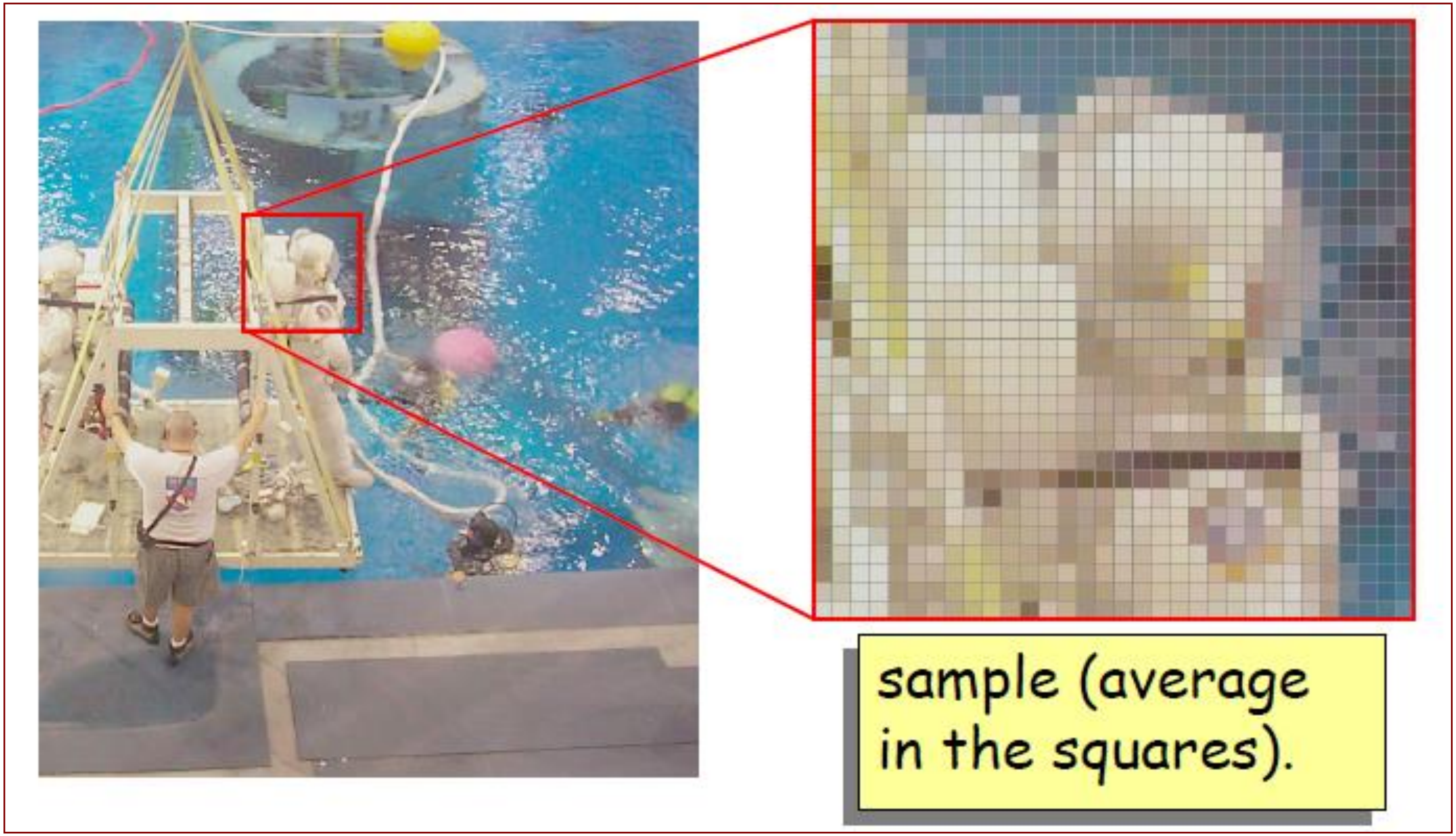
CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN



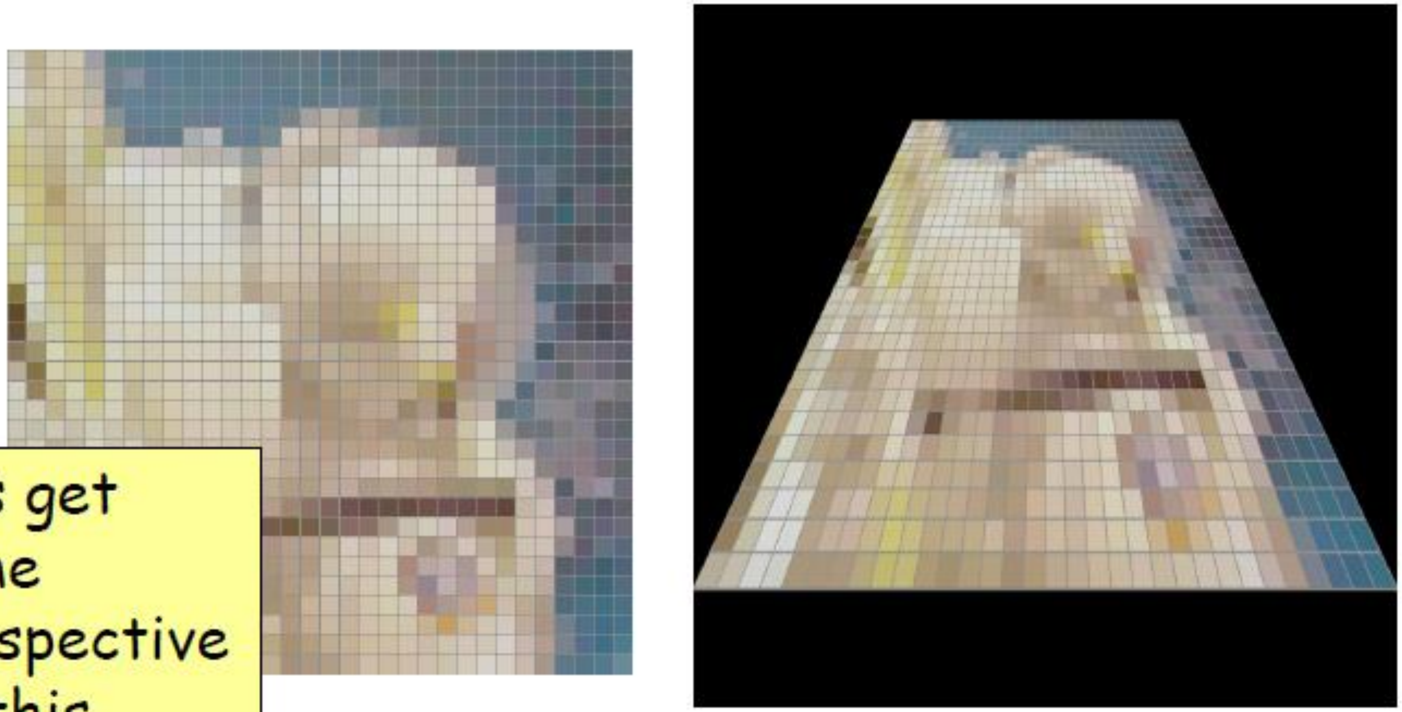
CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN



CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

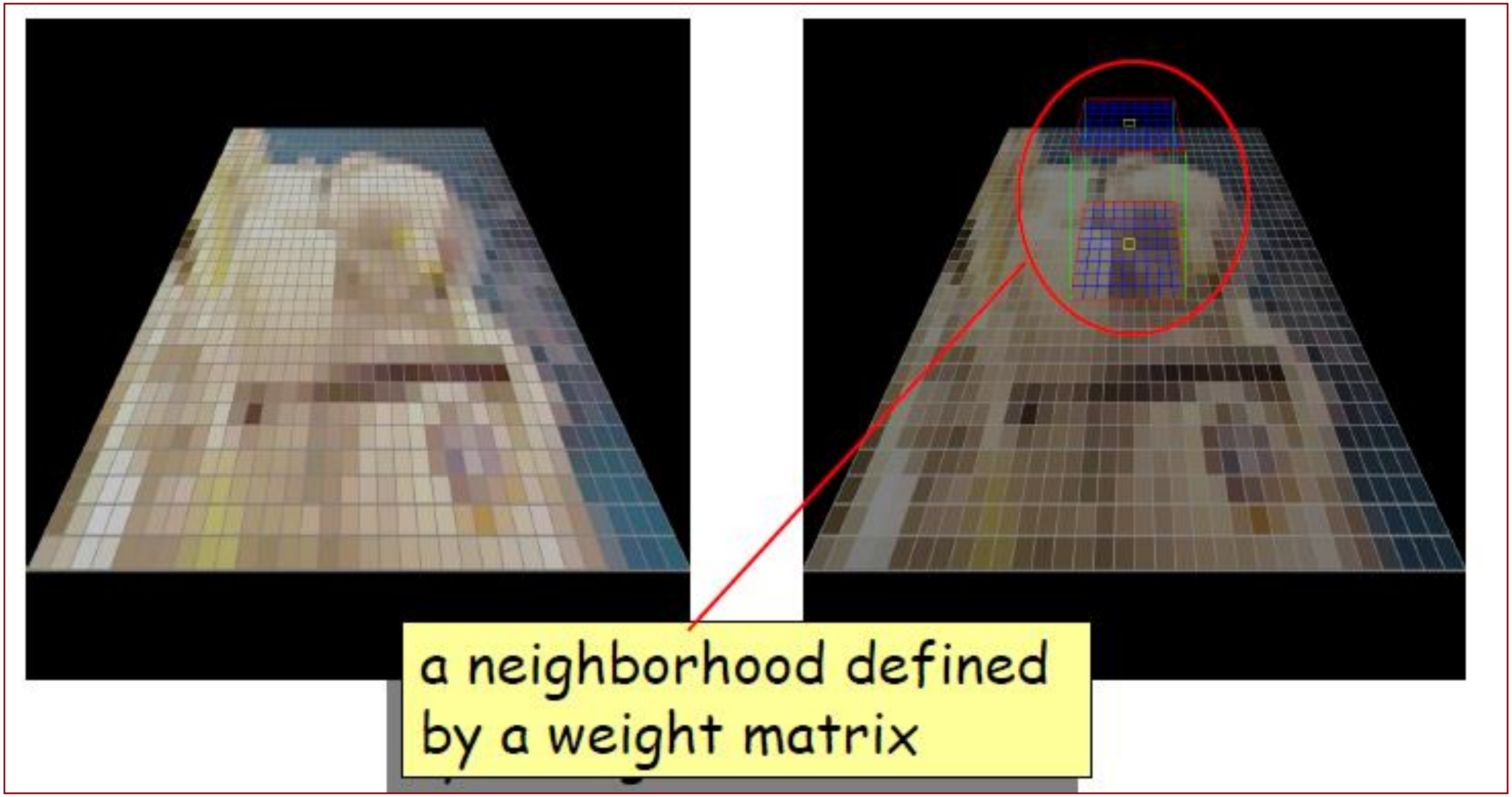


CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

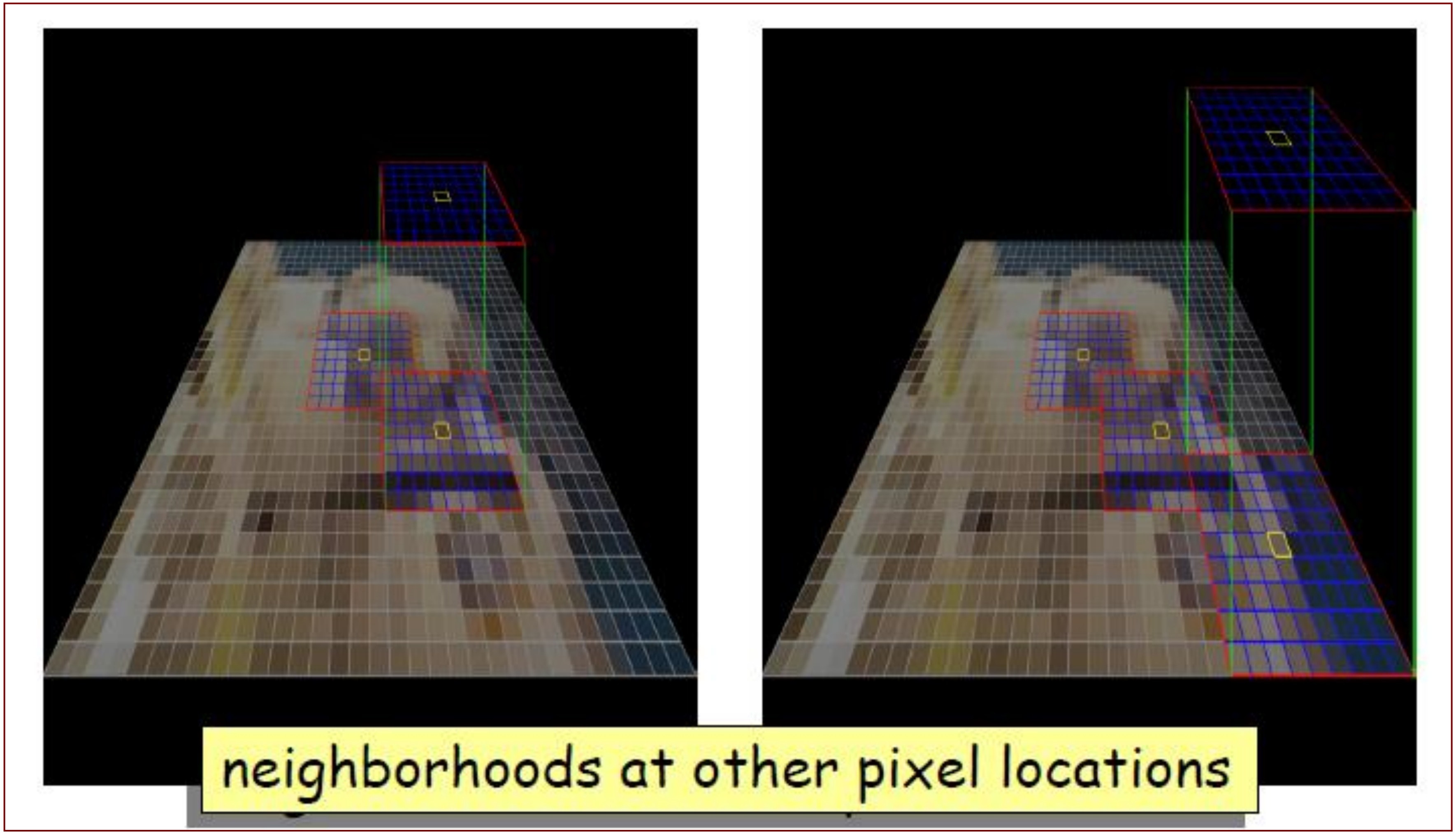


lets get some perspective on this

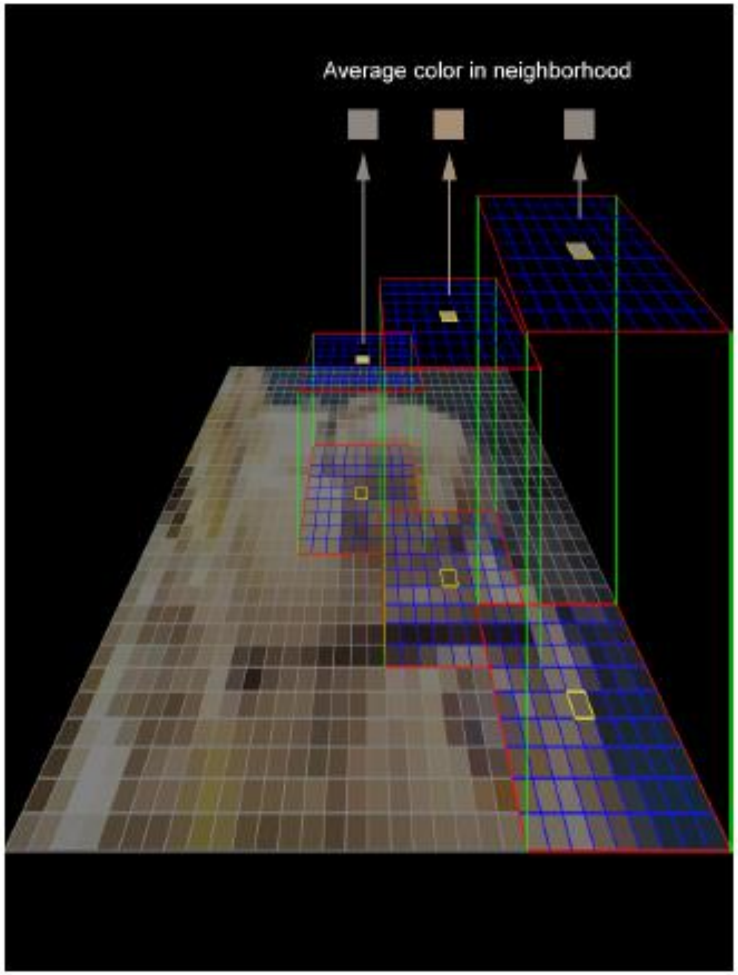
CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN



CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

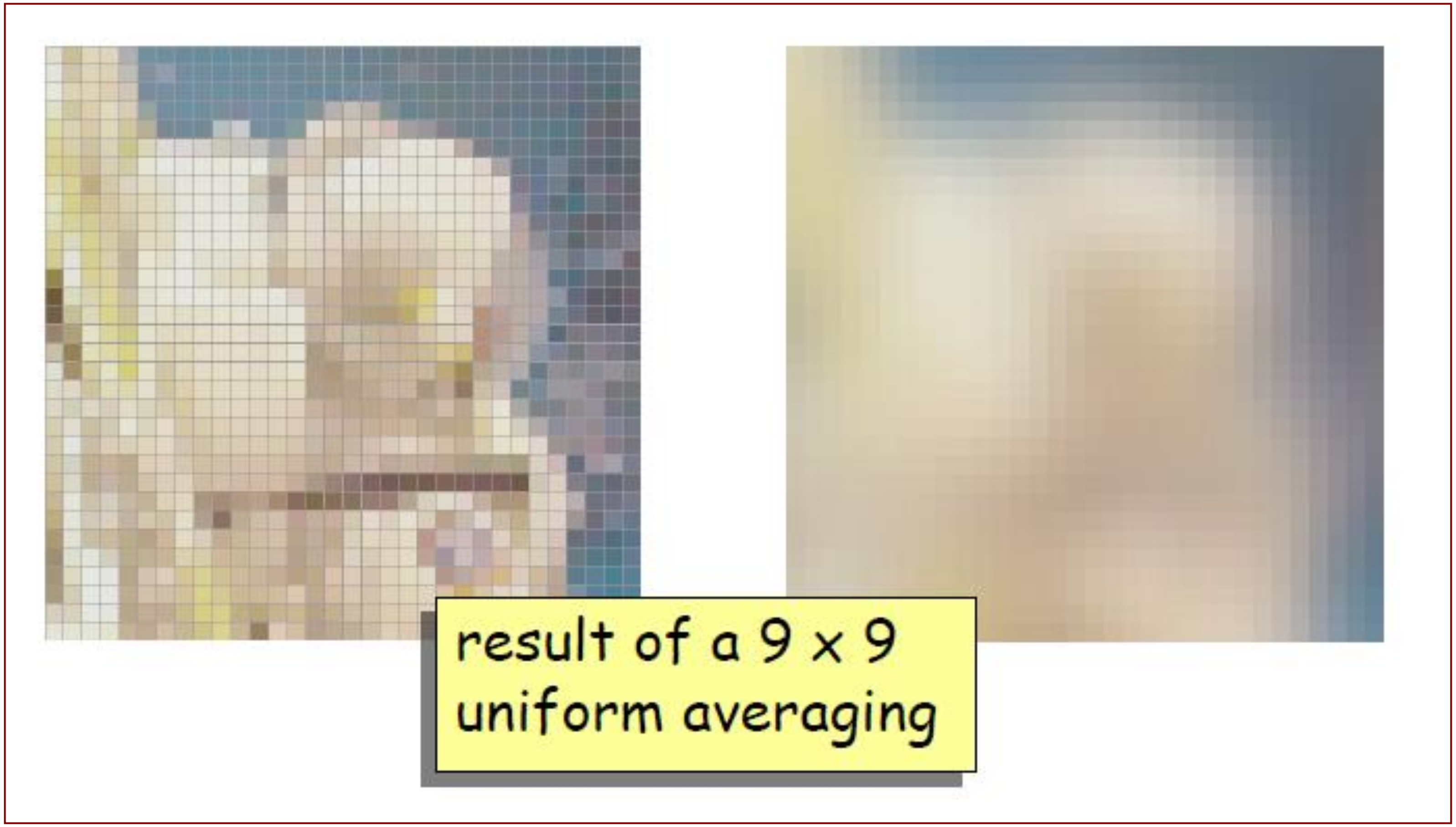


CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN



El resultado de la convolución en cada pixel es la media del valor de los píxeles de la vecindad

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN



CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

Ejemplos de convolución:

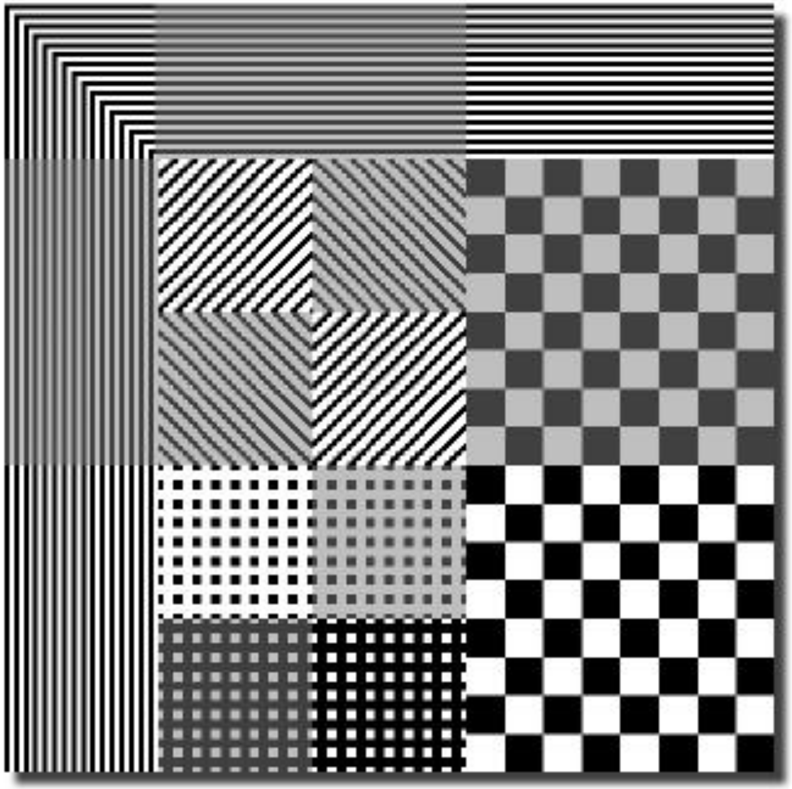
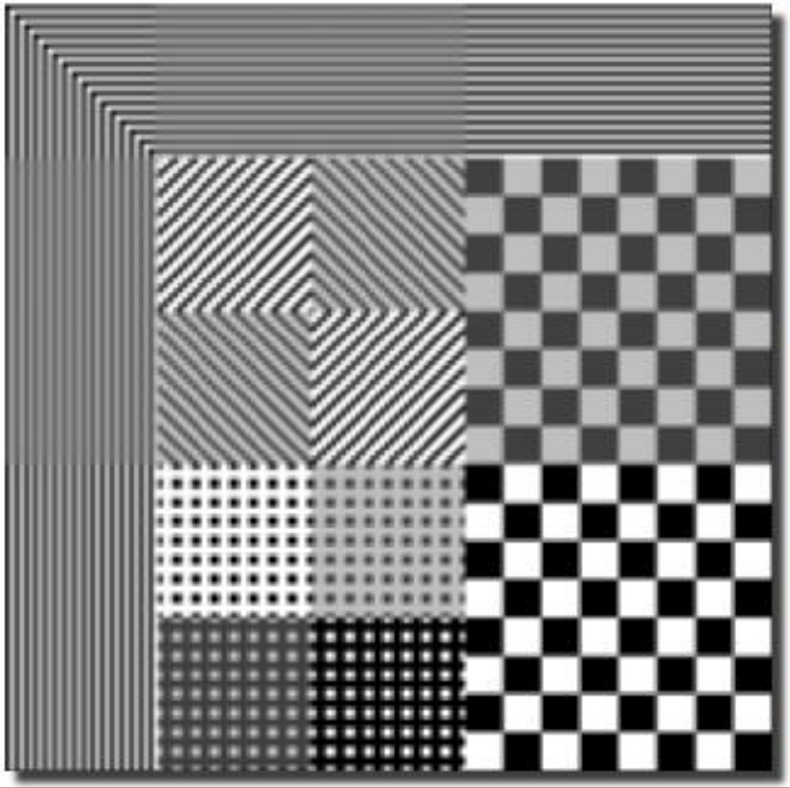
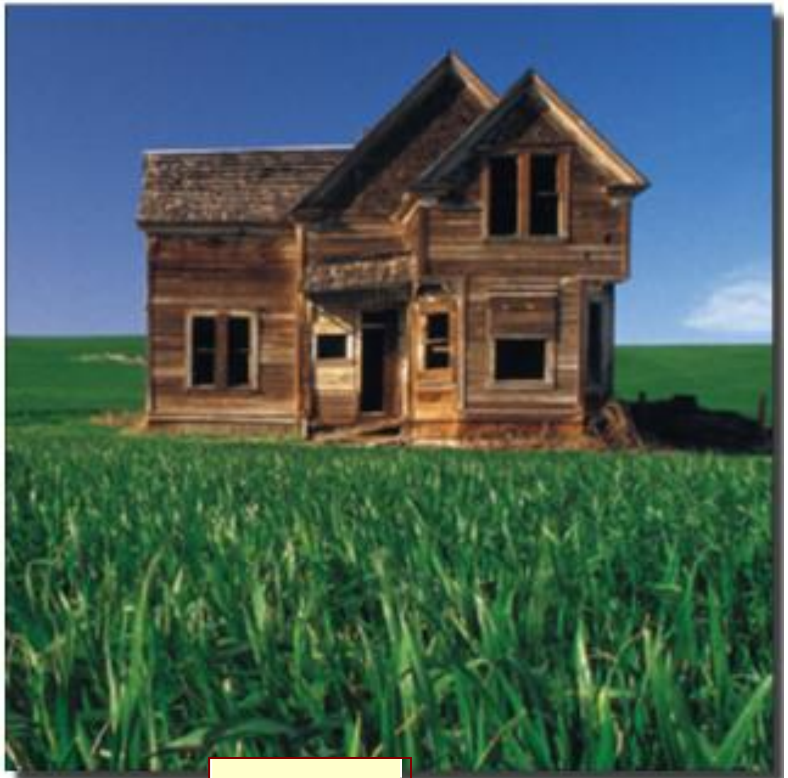


IMAGEN ORIGINAL

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

Ejemplos de convolución:



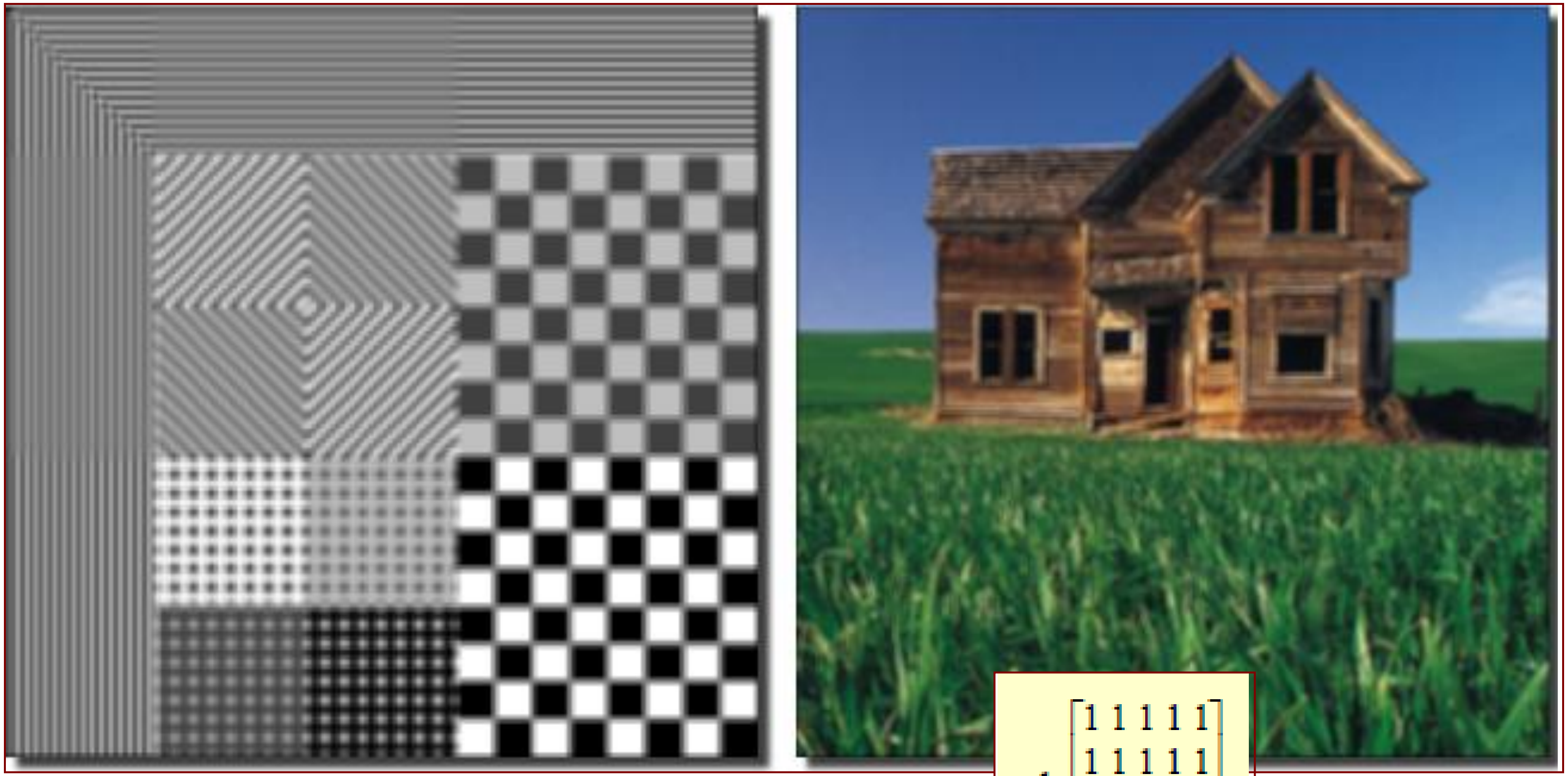


Máscara 3x3

$$\frac{1}{9}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}$$

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

Ejemplos de convolución:

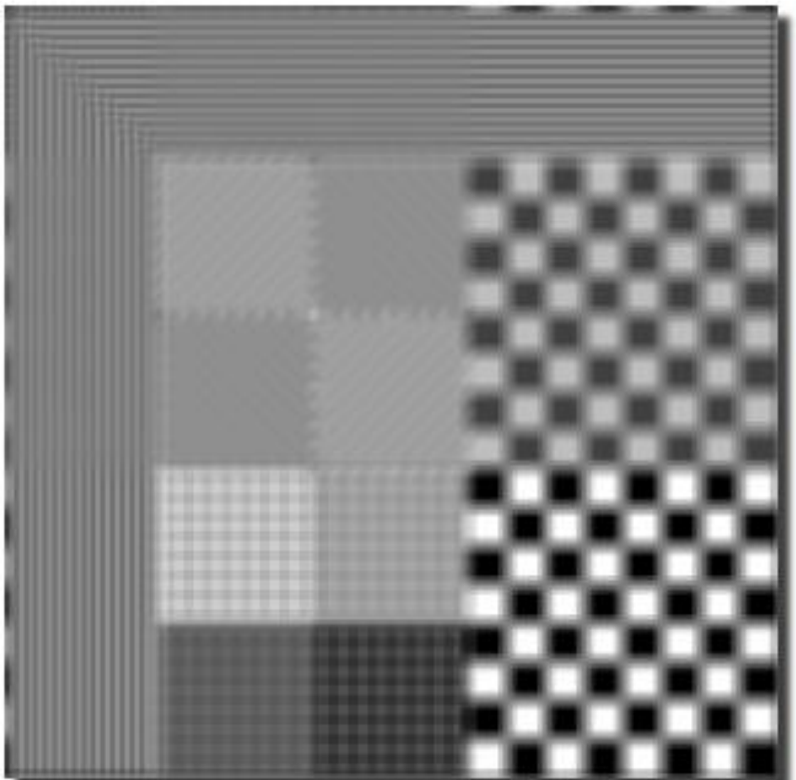


Máscara 5x5

$$\frac{1}{25}\begin{bmatrix}1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\end{bmatrix}$$

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

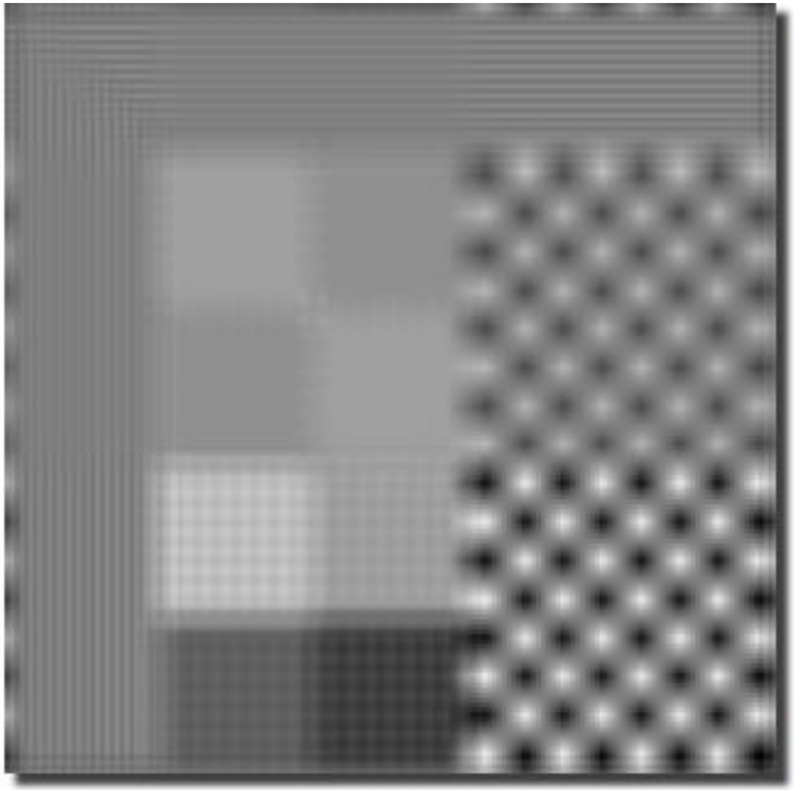
Ejemplos de convolución:

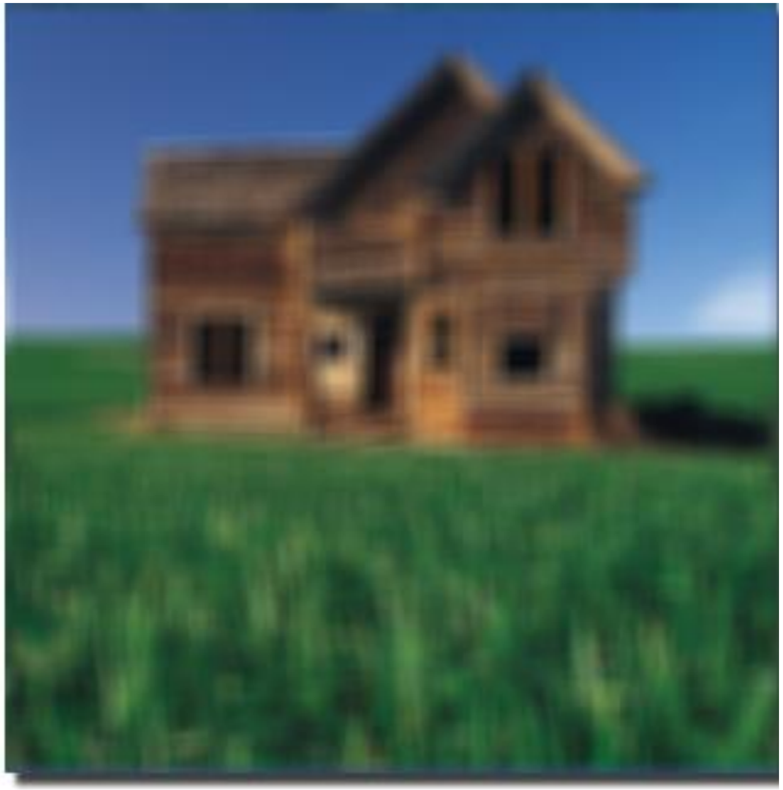


Máscara 9x9

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

Ejemplos de convolución:





Máscara 17x17

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

Propiedades de la Convolución

CONMUTATIVA

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

ASOCIATIVA

$$\boxed{g=f\otimes\left(h\otimes c\right)=\left(f\otimes h\right)\otimes c=f\otimes h\otimes c}$$

DISTRIBUTIVA

$$\boxed{g=f\otimes(h+c)=f\otimes h+f\otimes c}$$

CONCEPTO DE VECINDAD Y CONVOLUCIÓN

Propiedades de la Convolución

- Análogamente, algunas convoluciones se pueden obtener combinando otras más simples: **nucleos separables.**

- **Ejemplo:**

$$\frac{1}{3}\cdot\begin{bmatrix}1\\1\\1\end{bmatrix}\otimes\frac{1}{3}\cdot\begin{bmatrix}1&1&1\end{bmatrix}\otimes A = \frac{1}{9}\cdot\begin{bmatrix}1&1&1\\1&1&1\\1&1&1\end{bmatrix}\otimes A$$

Resultado: el filtro de la media es separable.

- En lugar de aplicar una máscara de 3x3 se pueden aplicar dos máscaras de 1x3 y3x1 (**máscaras unidimensionales**)
- Puede ser útil para hacer los cálculos más **eficientes**.

MODELOS DE RUIDO

Ruido aditivo

$$\boxed{g(x,y) = f(x,y) + n(x,y)}$$

Ruido Gaussiano

Ruido Frecuencial

Ruido Multiplicativo

$$\boxed{g(x,y) = f(x,y) \cdot n(x,y)}$$

Ruido Implusivo

Ruido Multiplicativo

MODELOS DE RUIDO

Ruido Gaussiano:

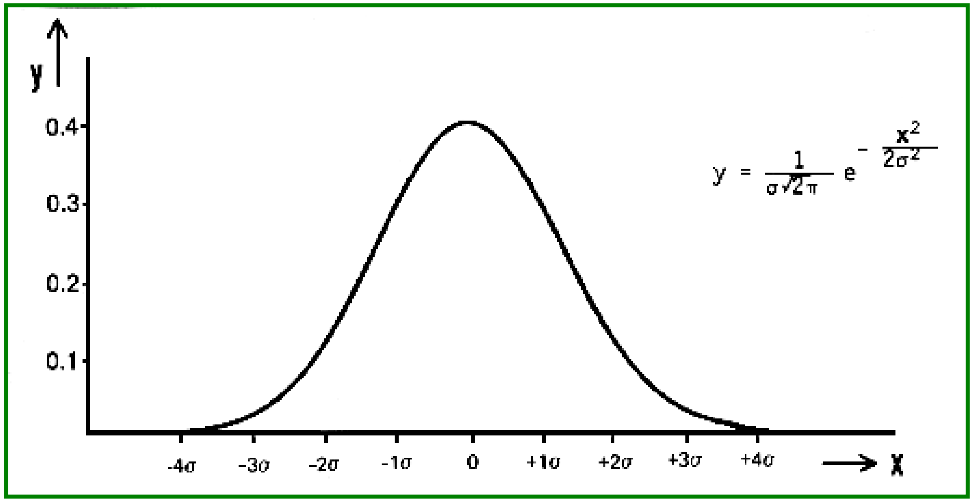
Produce pequeñas variaciones en la imagen.
Debido a las diferentes ganancias del sensor, ruido en
Los digitalizadores, perturbaciones en la transmisión, etc.

MODELOS DE RUIDO

Ruido Gaussiano:

Produce pequeñas variaciones en la imagen.
Debido a las diferentes ganancias del sensor, ruido en
Los digitalizadores, perturbaciones en la transmisión, etc.

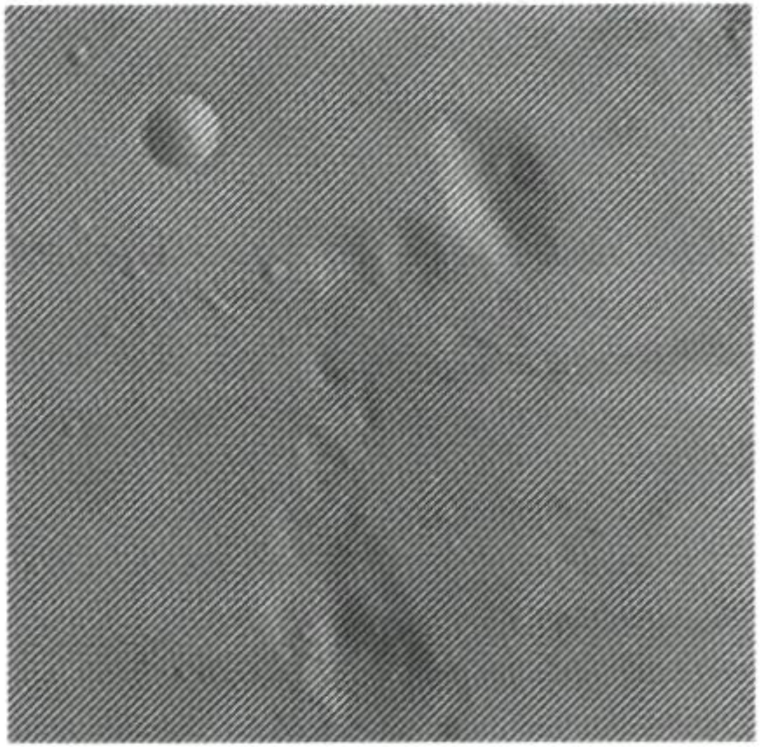
$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



MODELOS DE RUIDO

Ruido Frecuencial:

La imagen obtenida es la suma entre la imagen ideal y otra señal, la interferencia se caracteriza por ser una senoide de frecuencia determinada .



MODELOS DE RUIDO

Ruido Frecuencial:

La imagen obtenida es la suma entre la imagen ideal y otra señal, la interferencia se caracteriza por ser una senoide de frecuencia determinada .

$$\boxed{g(x) = f(x) + n(x) = f(x) + \cos(ax) = f(x) + \frac{1}{2}\left(e^{iax} + e^{-iax}\right)}$$

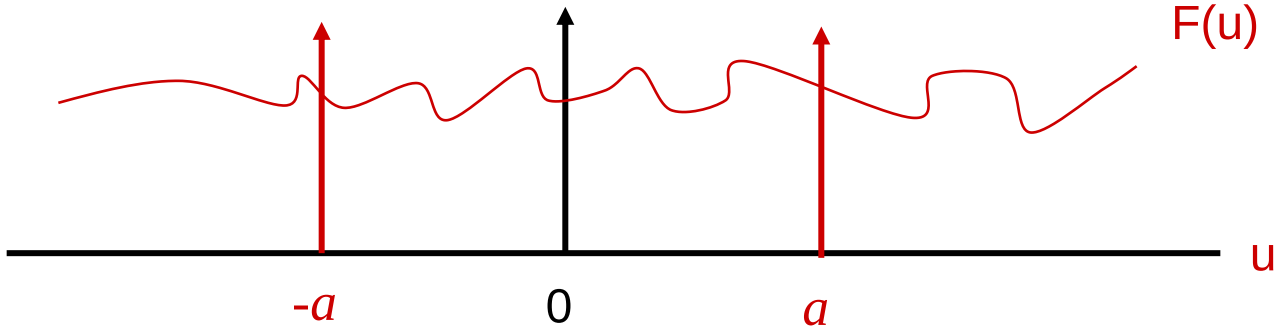
Transformada de Fourier $\Downarrow$

$$\boxed{G(u) = F(u) + \frac{1}{2}\left(\delta(u-a) + \delta(u+a)\right)}$$

MODELOS DE RUIDO

Ruido Frecuencial:

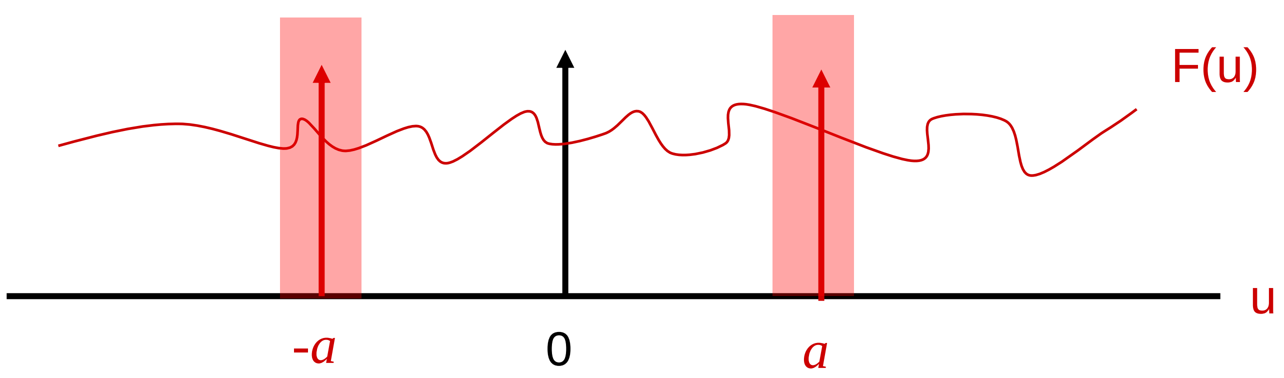
$$\boxed{G(u) = F(u) + \frac{1}{2}\left(\delta(u-a) + \delta(u+a)\right)}$$



MODELOS DE RUIDO

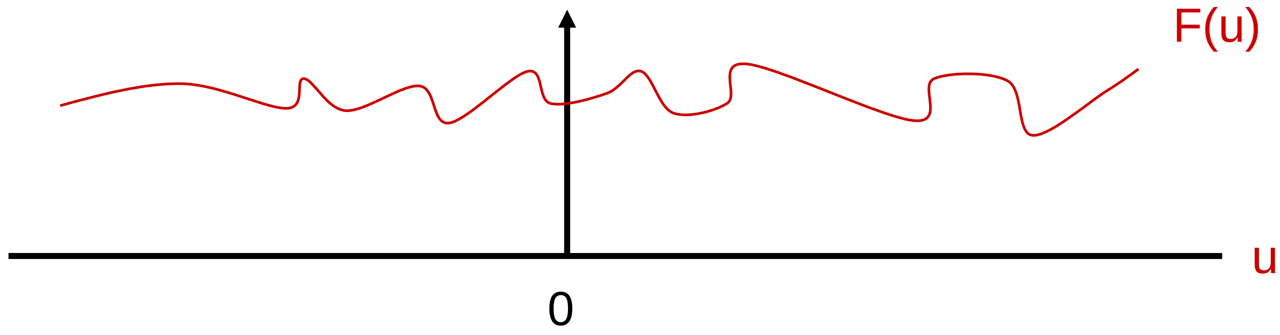
Ruido Frecuencial:

$$G(u) = F(u) + \frac{1}{2}\left(\delta(u-a) + \delta(u+a)\right)$$



MODELOS DE RUIDO

<u>Ruido Frecuencial</u>:



Transformada de Fourier Inversa

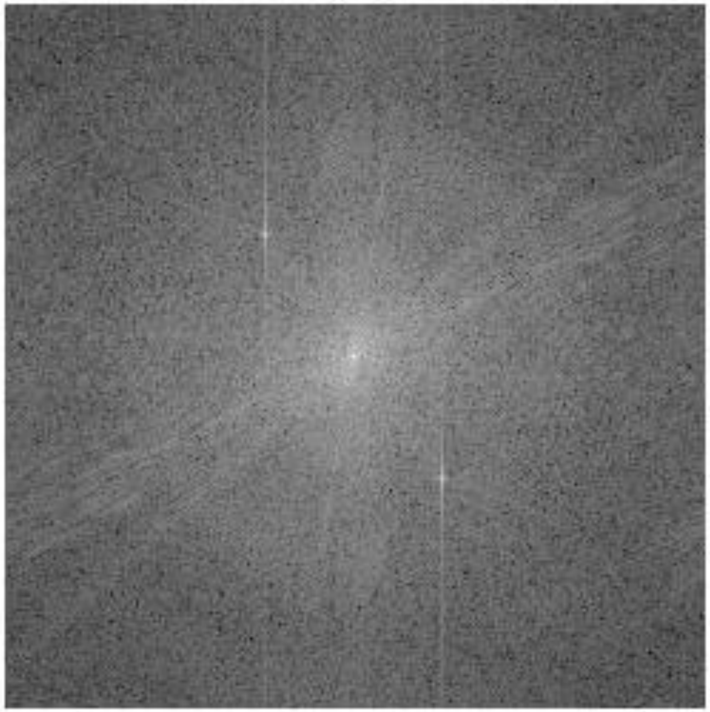
$$\boxed{FT^{-1}\{G(u)\} = f(x)}$$

RECUPERAMOS LA IMAGEN SIN RUIDO

MODELOS DE RUIDO

Ruido Frecuencial:

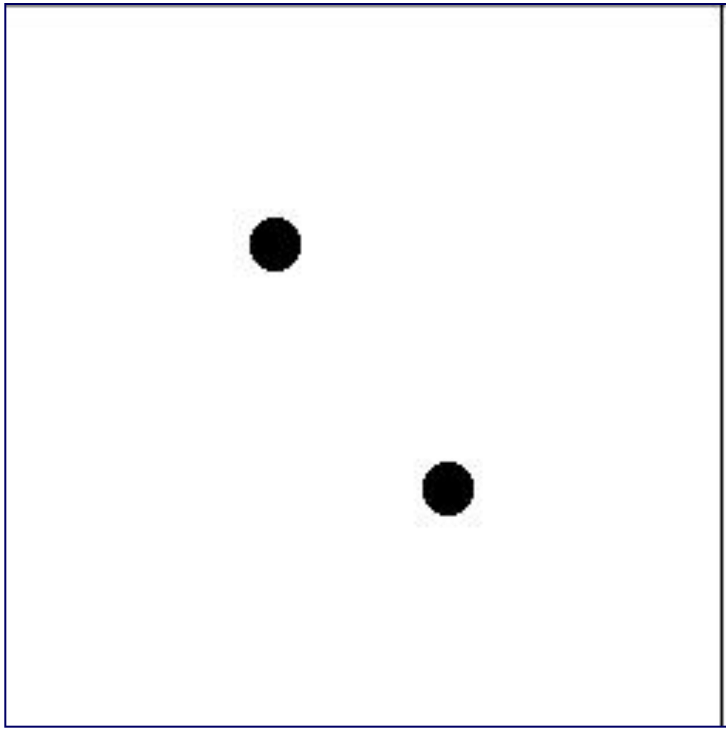
La imagen obtenida es la suma entre la imagen ideal y otra señal, la interferencia se caracteriza por ser una senoide de frecuencia determinada .



MODELOS DE RUIDO

Ruido Frecuencial:

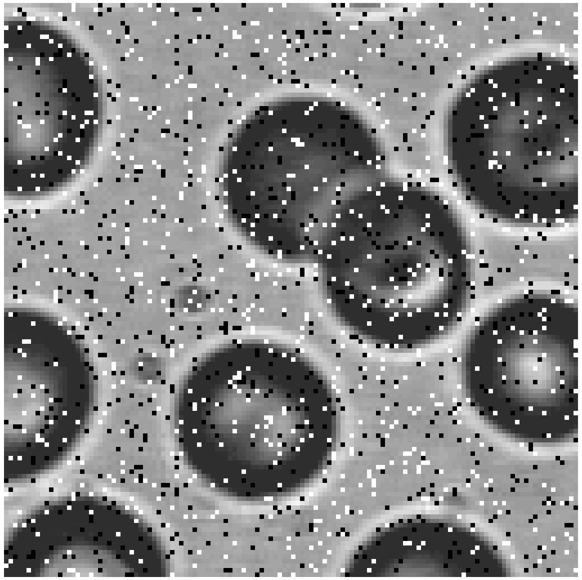
La imagen obtenida es la suma entre la imagen ideal y otra señal, la interferencia se caracteriza por ser una senoide de frecuencia determinada .



MODELOS DE RUIDO

Ruido Impulsional:

El píxel toma aleatoriamente un valor muy máximo, causando la saturación del sensor o mínimo. Ruido Sal y Pimienta

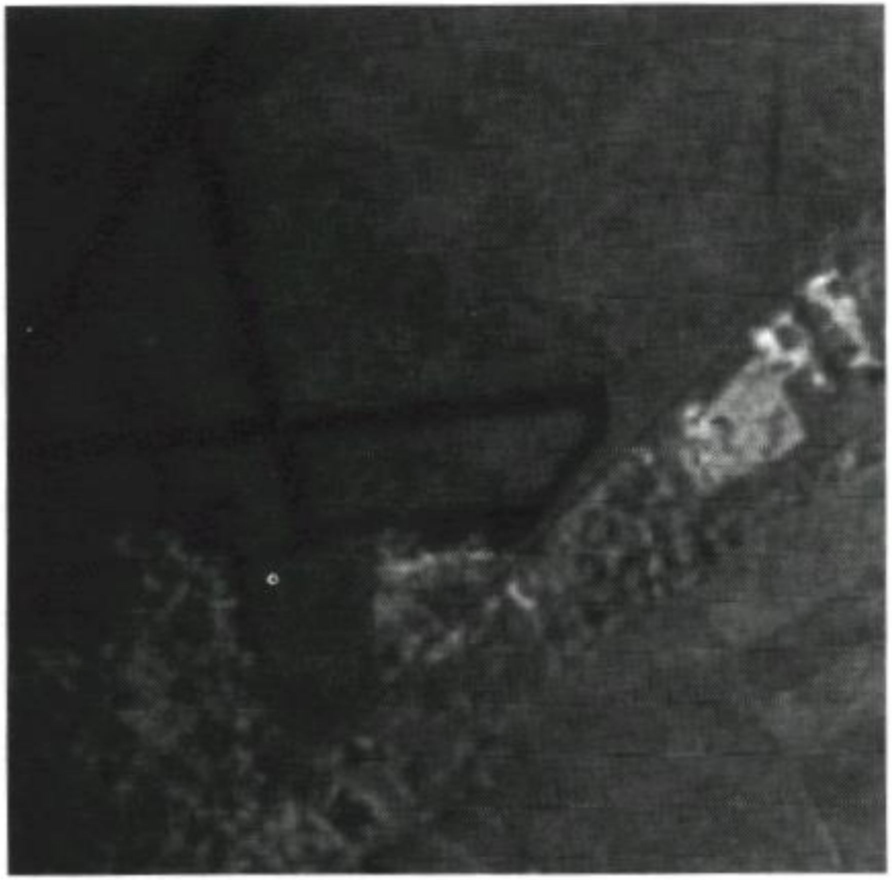


Nivel de gris: 0 (Pimienta)
Nivel de gris: 255 (Sal)

MODELOS DE RUIDO

Ruido Multiplicativo:

La imagen obtenida es fruto
de la multiplicación
de dos señales



ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

- Algoritmos más frecuentes
  - Filtros lineales

    Convolución de una imagen con una máscara predefinida
  - Filtros no lineales

    Operación no lineal con los pixeles del entorno de vecindad
  - Filtros temporales

    Análisis de varias imágenes de la misma escena tomadas en instantes diferentes de tiempo

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO DE MEDIA

- Promediado del Entorno de Vecindad (Filtro de la Media)
  - Dada una imagen f(x,y), se genera una nueva imagen g(x,y) en la que la intensidad para cada punto (x,y) se obtiene promediando los valores de intensidad de los pixels de f incluidos en el entorno de vecindad S, de dimensión PxQ

$$g(x,y) = \frac{1}{P \cdot Q} \cdot \sum_{(i,j) \in S} f(i,j)$$

  - Entornos de vecindad de 3x3

$$\frac{1}{9} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO DE MEDIA

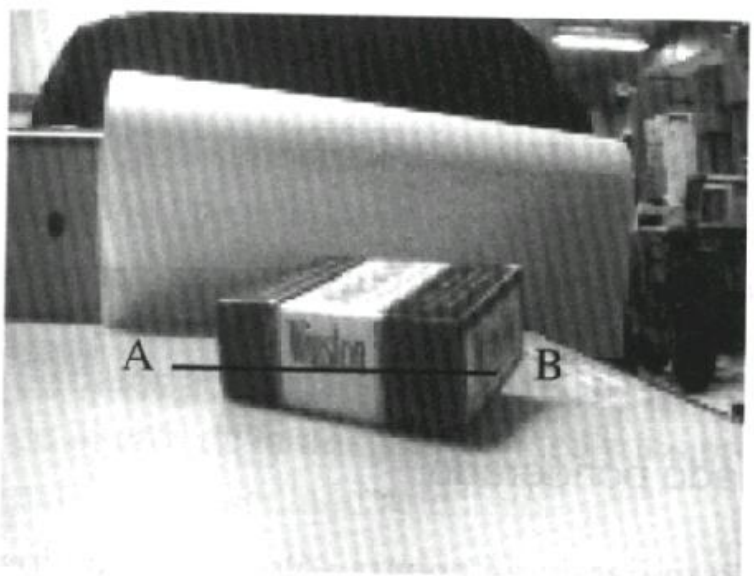
EJEMPLO:

7	15	3
0	255	3
100	125	200

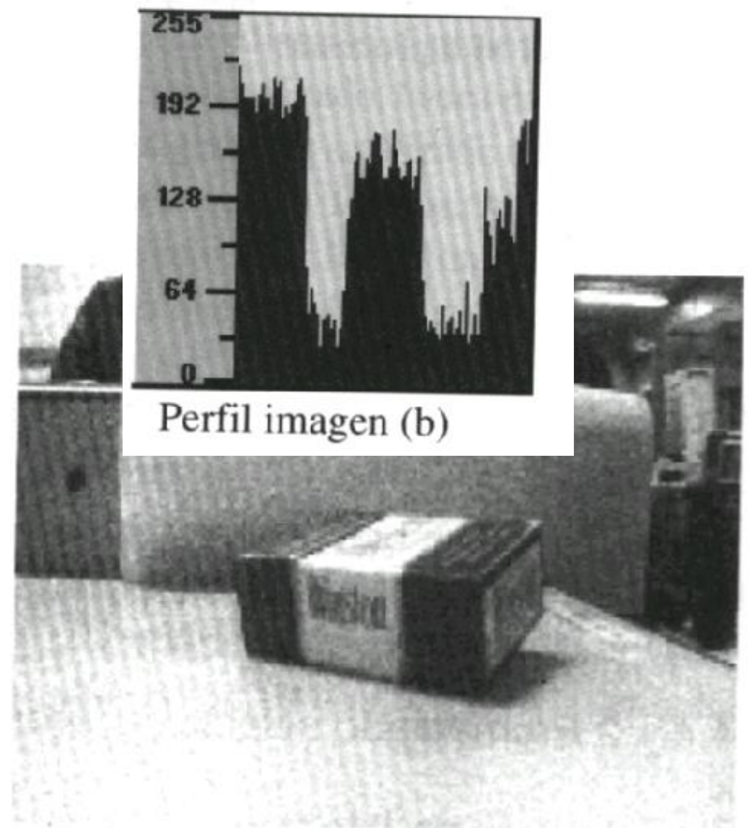
$\rightarrow$ Media = 78,6=**79**

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO DE MEDIA



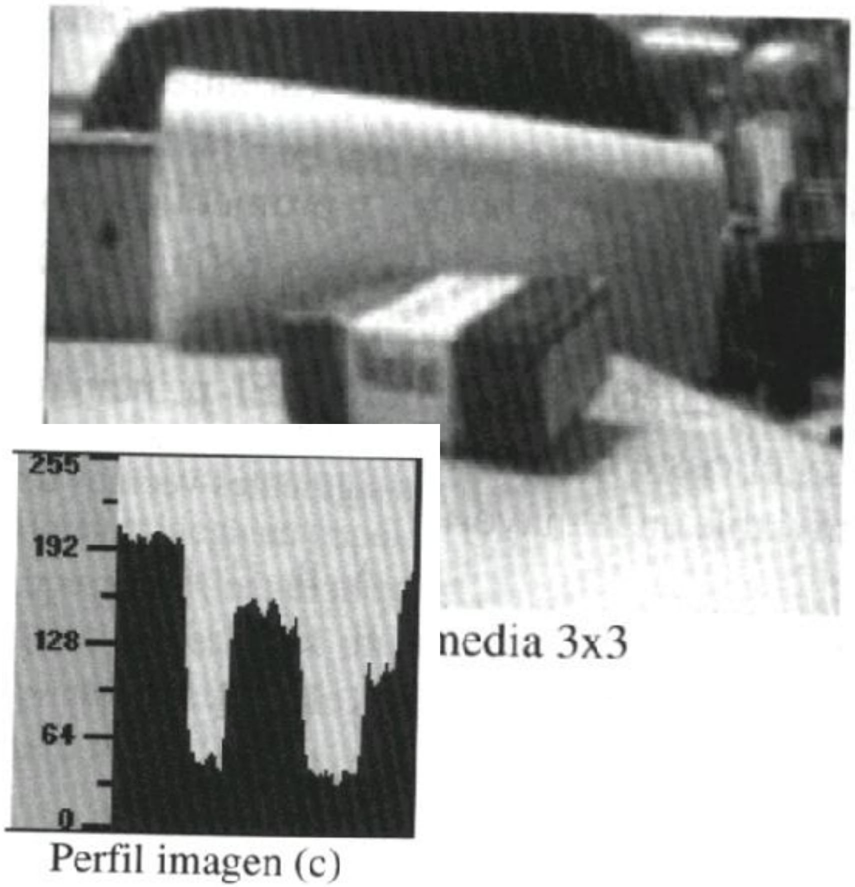
(a) Imagen original

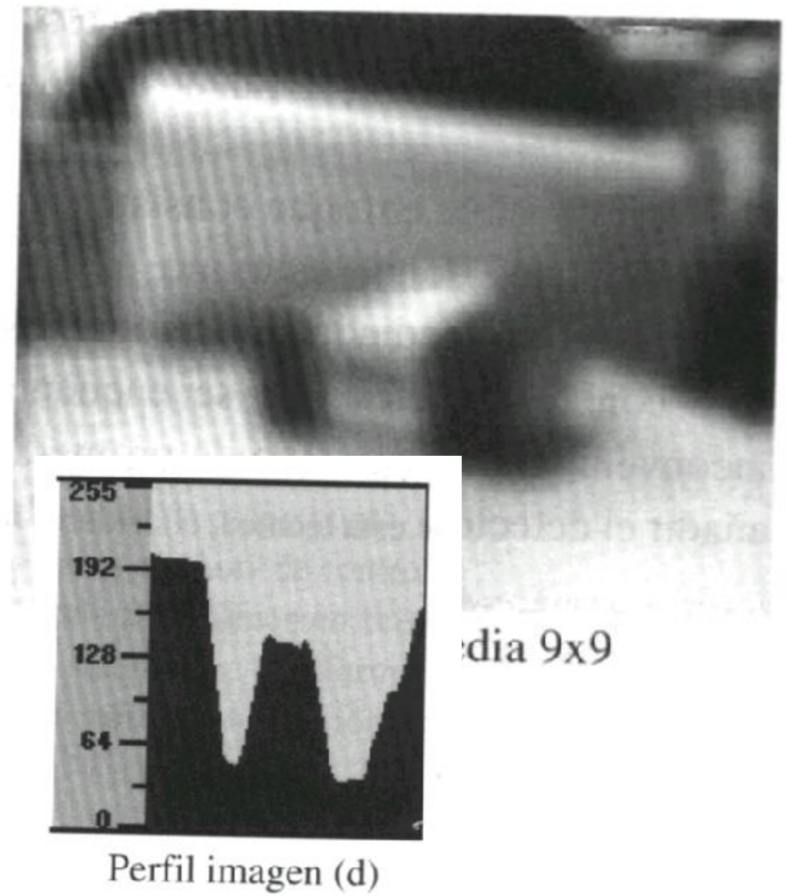


(b) Imagen afectada de ruido

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO DE MEDIA





ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO DE MEDIA

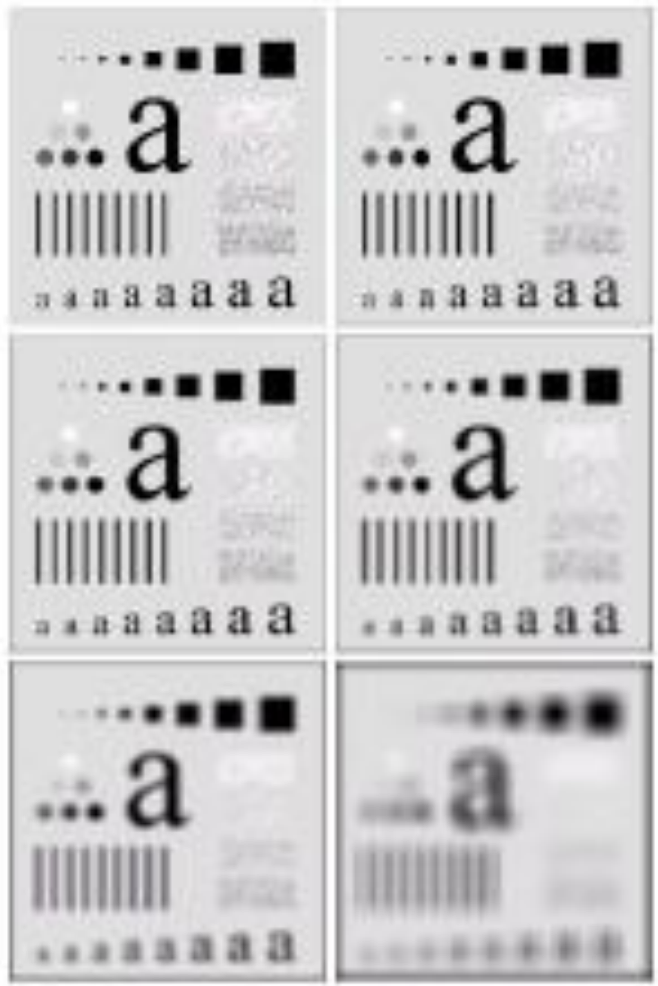
Evitar la borrosidad de los bordes

$$g(x,y)=\begin{cases}\dfrac{1}{p}\sum\limits_{(m,n)} f(m,n) & si \quad \left| f(x,y)-\dfrac{1}{p}\sum\limits_{(m,n)} f(m,n)\right| < T \\ f(x,y) & en\ otro\ caso\end{cases}$$

El efecto del enturbamiento de los bordes puede ser reducido dejando sin cambiar las regiones de la imagen con variaciones grandes (T es un valor positivo)

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO DE MEDIA



Máscara 3x3

Máscara 5x5

Máscara 9x9

Máscara 15x15

Máscara 35x35

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO GAUSSIANO

- Distribución Gaussiana de la función de convolución
  - La función de convolución se aproxima a la discretización de una gaussiana de media cero y varianza sigma

$$h(u,v)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma}\cdot e^{-\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}}$$

    - Disminución de nitidez
    - Aumento de borrosidad
    - Pérdida de detalles
  - Este tipo de filtros reducen especialmente el ruido gaussiano

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO GAUSSIANO

1D

$$h_\sigma(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Media cero

2D

$$h_\sigma(x,y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}\right)}$$

$$h(x,y) = h_1(x)\,h_2(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma^2}\right)} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma^2}\right)}$$

Operador separable

$$g(i,j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \sum_{x,y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}\right)} f(i+x, j+y)$$

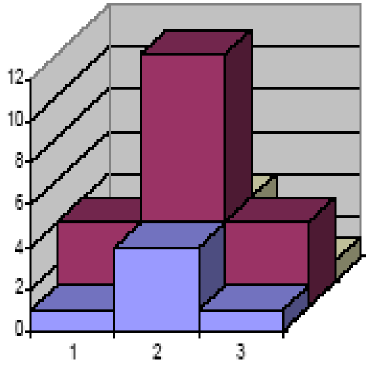
Convolución

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO GAUSSIANO

σ=0.391 pixels (3x3)

1	4	1
4	12	4
1	4	1



σ=0.625 pixels (5x5)

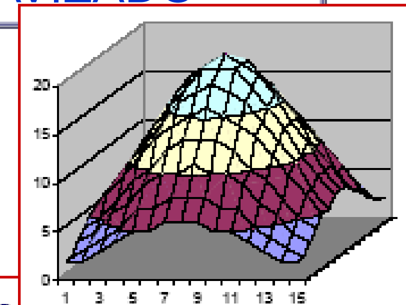
1	2	3	2	1
2	7	11	7	2
3	11	17	11	3
2	7	11	7	2
1	2	3	2	1

σ=1.0 pixels (9x9)

0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	1	2	3	3	3	2	1	0
1	2	3	6	7	6	3	2	1
1	3	6	9	11	9	6	3	1
1	3	7	11	12	11	7	3	1
1	3	6	9	11	9	6	3	1
1	2	3	6	7	6	3	2	1
0	1	2	3	3	3	2	1	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO GAUSSIANO



σ=2.65 pixels (15x15)

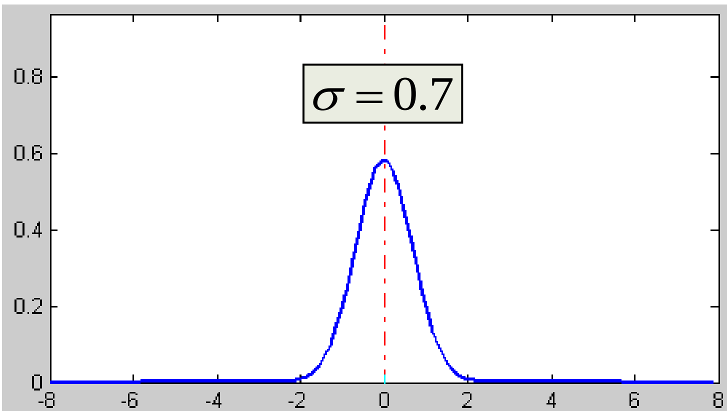
2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
6	8	10	13	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
6	8	11	13	16	18	19	20	19	18	16	13	11	8	6
6	8	10	13	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2

σ=4.096 pixels (21x21)

5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5
6	7	9	10	11	12	14	15	15	16	16	16	15	15	14	12	11	10	9	7	6
7	9	10	12	13	15	16	17	18	18	19	18	18	17	16	15	13	12	10	9	7
8	10	12	13	15	17	18	20	21	21	21	21	21	20	18	17	15	13	12	10	8
9	11	13	15	17	19	21	22	23	24	24	24	23	22	21	19	17	15	13	11	9
10	12	15	17	19	21	23	25	26	27	27	27	26	25	23	21	19	17	15	12	10
11	14	16	18	21	23	25	27	28	29	29	29	28	27	25	23	21	18	16	14	11
12	15	17	20	22	25	27	29	30	31	31	31	30	29	27	25	22	20	17	15	12
13	15	18	21	23	26	28	30	32	33	33	33	32	30	28	26	23	21	18	15	13
13	16	18	21	24	27	29	31	33	34	34	34	33	31	29	27	24	21	18	16	13
13	16	19	21	24	27	29	31	33	34	34	34	33	31	29	27	24	21	19	16	13
13	16	18	21	24	27	29	31	33	34	34	34	33	31	29	27	24	21	18	16	13
13	15	18	21	23	26	28	30	32	33	33	33	32	30	28	26	23	21	18	15	13
12	15	17	20	22	25	27	29	30	31	31	31	30	29	27	25	22	20	17	15	12
11	14	16	18	21	23	25	27	28	29	29	29	28	27	25	23	21	18	16	14	11
10	12	15	17	19	21	23	25	26	27	27	27	26	25	23	21	19	17	15	12	10
9	11	13	15	17	19	21	22	23	24	24	24	23	22	21	19	17	15	13	11	9
8	10	12	13	15	17	18	20	21	21	21	21	21	20	18	17	15	13	12	10	8
7	9	10	12	13	15	16	17	18	18	19	18	18	17	16	15	13	12	10	9	7
6	7	9	10	11	12	14	15	15	16	16	16	15	15	14	12	11	10	9	7	6
5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO GAUSSIANO



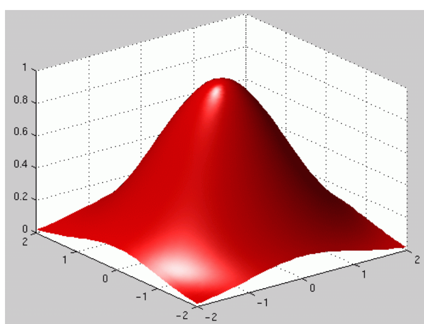
$$h(x,y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} \right]$$

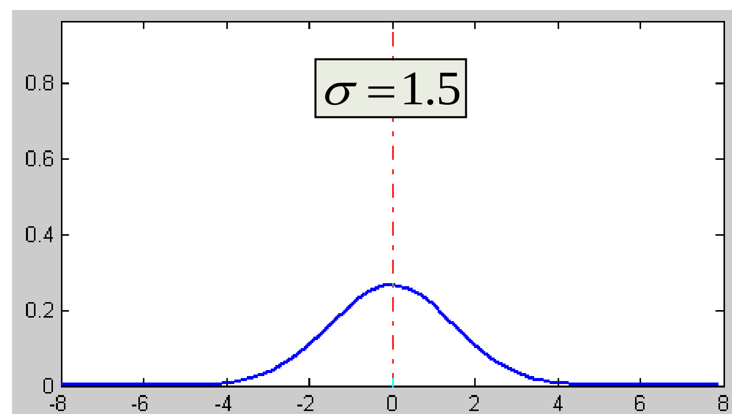
σ: desviación estándar

σ ↑ → suavizado ↑

1	1	2	2	2	1	1
1	2	2	4	2	2	1
2	2	4	8	4	2	2
2	4	8	16	8	4	2
2	2	4	8	4	2	2
1	2	2	4	2	2	1
1	1	2	2	2	1	1

Máscara 7x7





ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

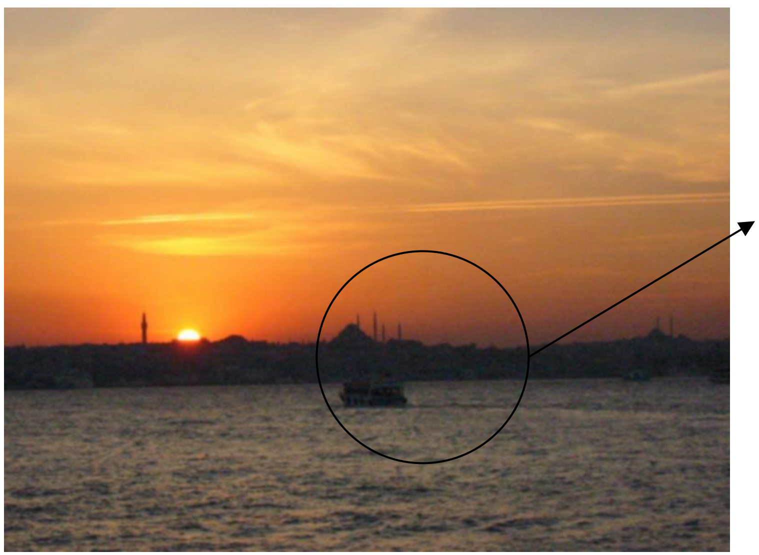
FILTRO GAUSSIANO

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO GAUSSIANO

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

FILTRO GAUSSIANO



ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

OTRAS APLICACIONES FILTROS DE SUAVIZADO

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

Imagen con ruido suavizada con un kernel de 7×7

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

Filtros Pasa Baja (Fourier)

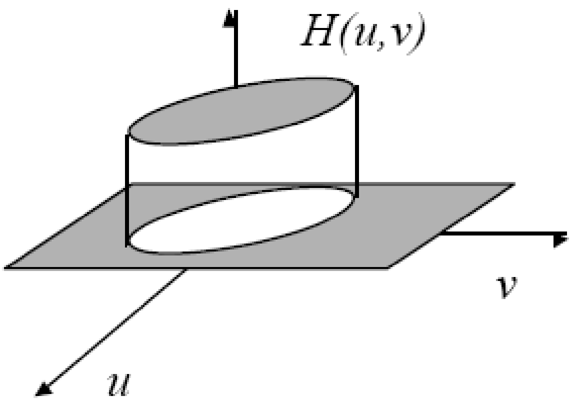
Filtrado paso Bajo Ideal

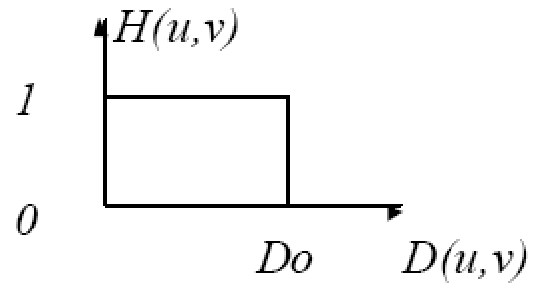
$$Y(u,v) = H(u,v)\, X(u,v)$$

$$H(u,v) = \begin{cases} 1 \text{ si } D(u,v) <= Do \\ 0 \text{ si } D(u,v) > Do \end{cases}$$

$$D(u,v) = (u^2 + v^2)^{1/2}$$

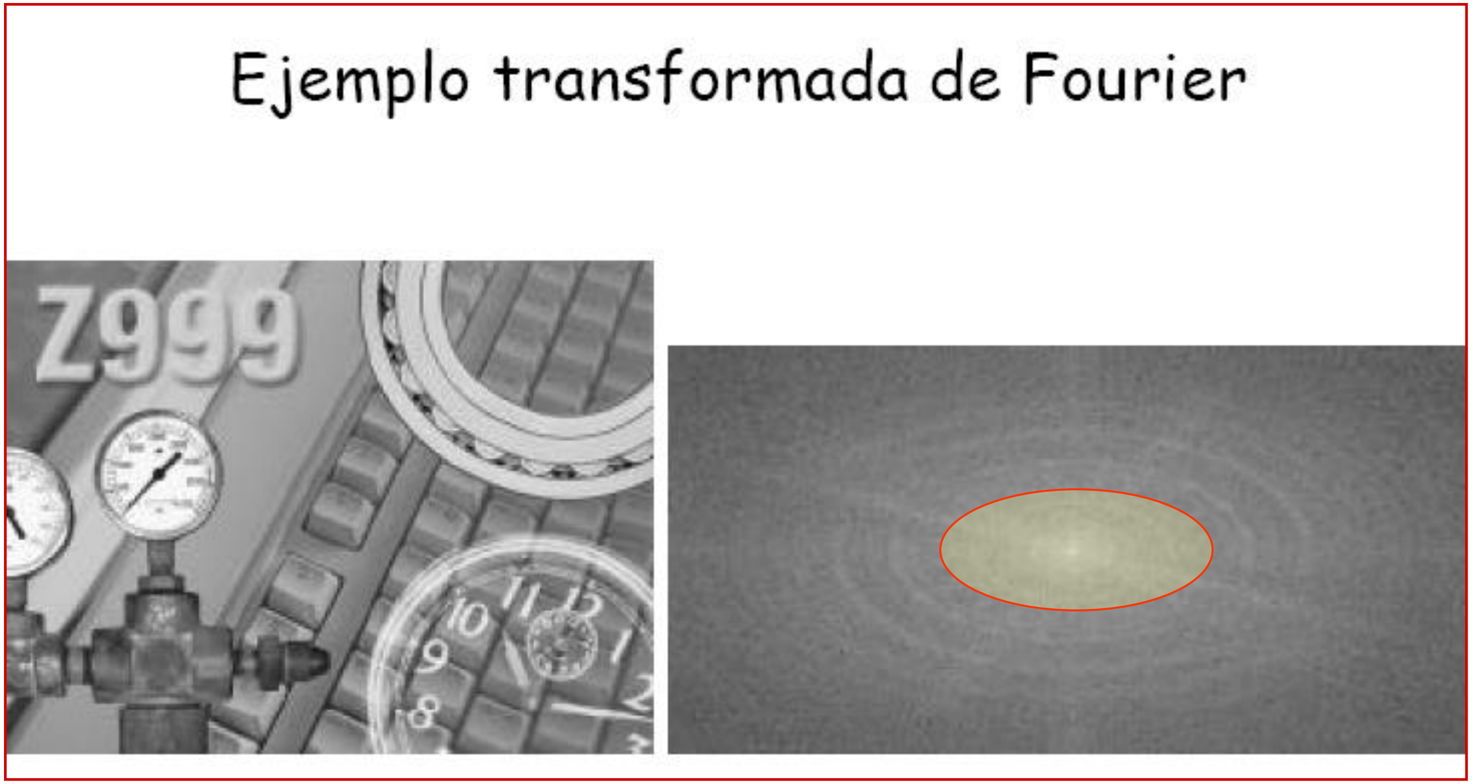
Do : Frecuencia de Corte





ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

Filtros Pasa Baja (Fourier)



ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

Filtros Pasa Baja (Fourier)

Resultado filtro Paso bajo ideal (Fourier)

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

Importancia de la Fase y de la Amplitud de la transformada de Fourier

$$F(u,v) = FT\{f(x,y)\} = \int_{-\infty}^{\infty}\int f(x,y)e^{-i(xu+yv)}dxdy$$

$$= |F(u,v)|e^{i\varphi(u,v)}$$

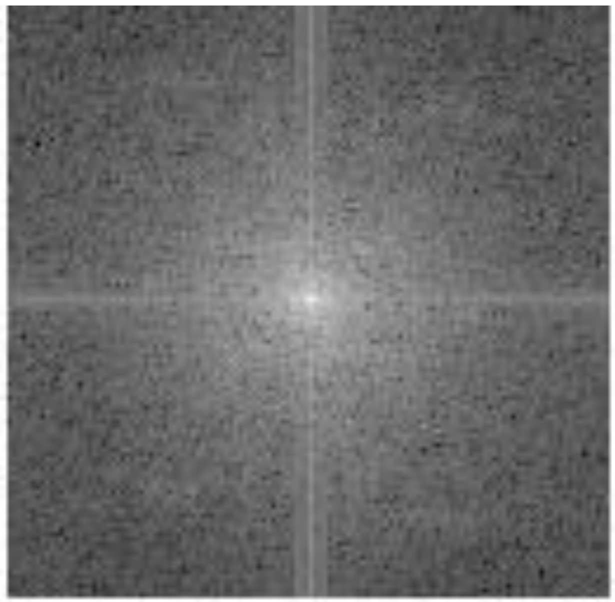
→ Fase de la FT

↑ Amplitud de la FT

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

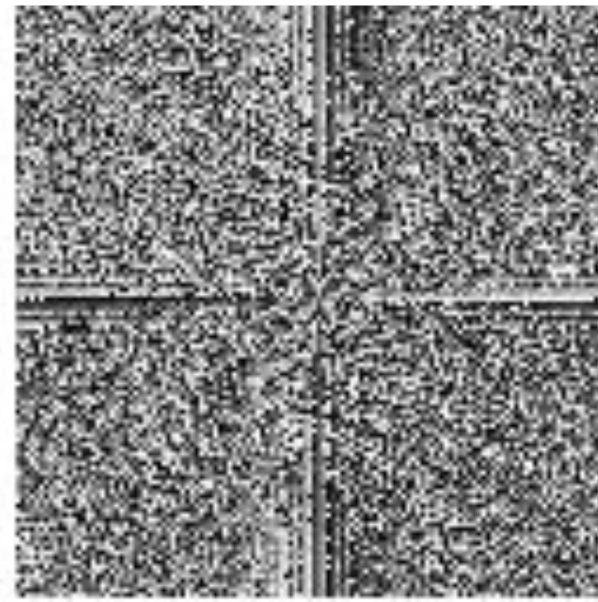
Importancia de la Fase y de la Amplitud de la FT

$f(x,y)$



$|F(u,v)|$

Módulo de la FT

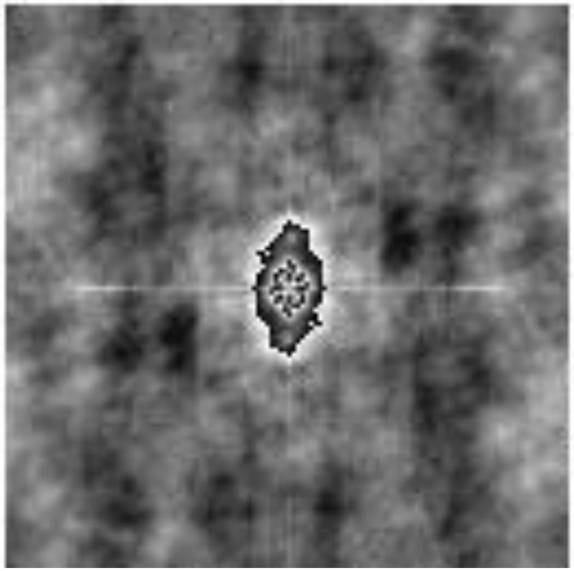


$\varphi(u,v)$

Fase de la FT

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

Importancia de la Fase y de la Amplitud de la FT



Reconstrucción (FT^{-1}) con la Amplitud

$$\varphi(u,v) = 0$$

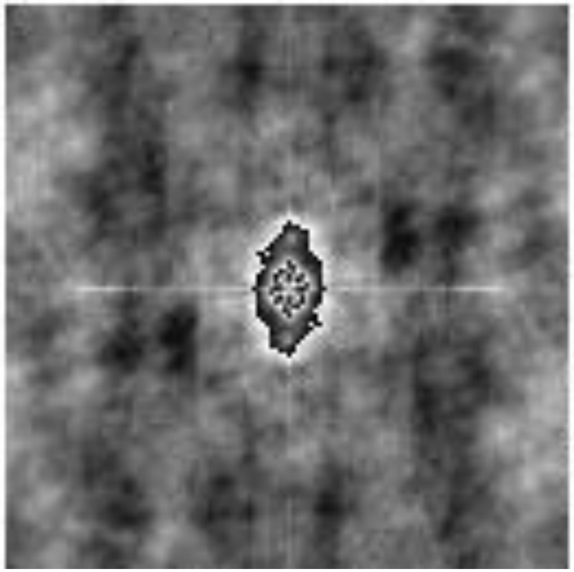
Reconstrucción (FT^{-1}) con la Fase

$$|F(u,v)| = cte$$

ELIMINACIÓN DEL RUIDO ADITIVO: FILTROS DE SUAVIZADO

Importancia de la Fase y de la Amplitud de la FT

Ninguna de las dos magnitudes por separado son suficientes para restaurar la imagen



Es irreconocible

Mala calidad

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

Consiste en reemplazar el nivel de gris de un píxel por la mediana de los niveles de grises de los píxeles vecinos.

Es un filtro no lineal (no se realiza utilizando una convolución).

La mediana de una secuencia impar de k números se define como aquel número que es mayor que (k-1)/2 números y menor que los otros (k-1)/2.

221	196	195
203	178	202
150	187	136

136, 150, 178, 187, 195, 196, 202, 203, 221

Mediana

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

Es óptimo para la restauración de imágenes corrompidas con ruido "Sal y Pimienta"

Eliminación de ruido "Sal"-----Píxeles Blancos

13	30	16
12	255	54
24	30	45

12, 13, 16, 24, 30, 30, 45, 54, 255

Mediana

Eliminación de ruido "Pimienta"-----Píxeles Negros

245	220	212
198	0	200
213	215	230

0, 198, 200, 212, 213, 215, 220, 230, 245

Mediana

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

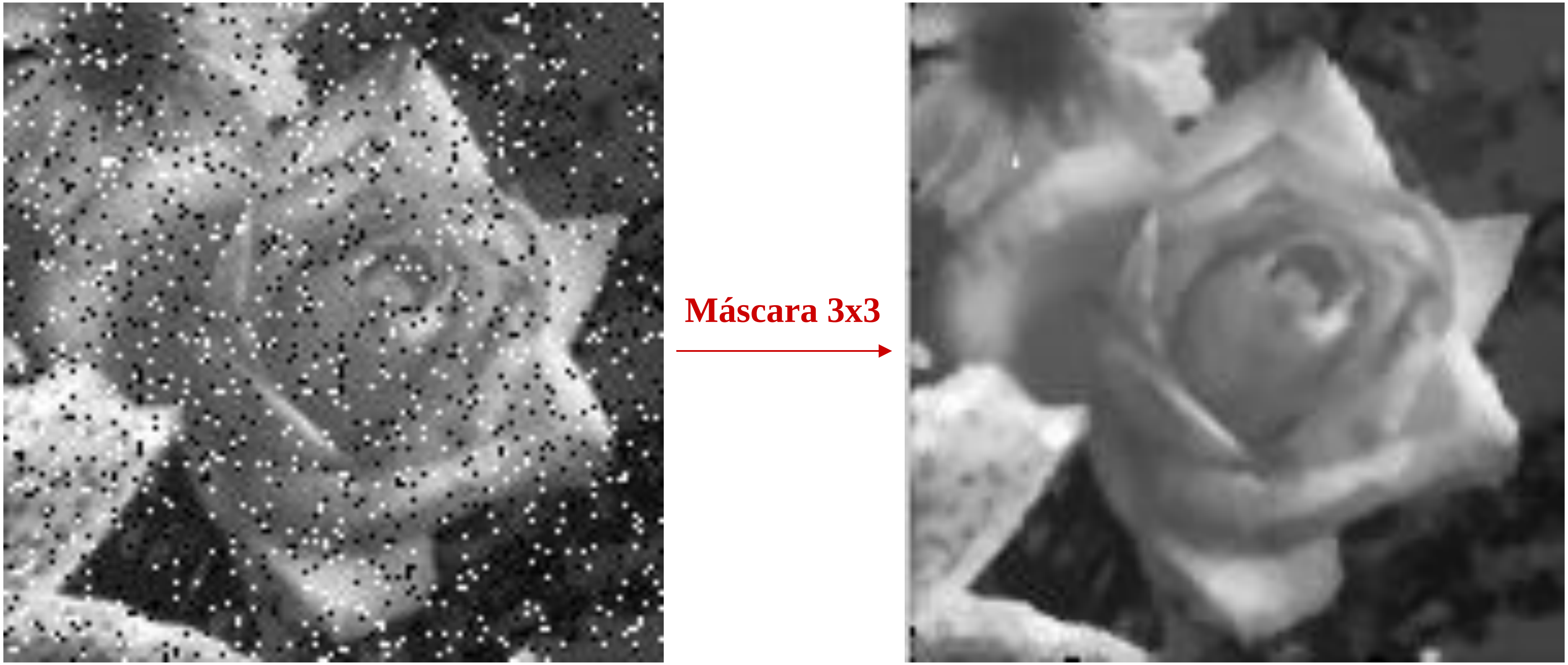
Suaviza la imagen y elimina ruido.

Presenta mejor comportamiento que el filtro de media ya que mantiene los contornos.

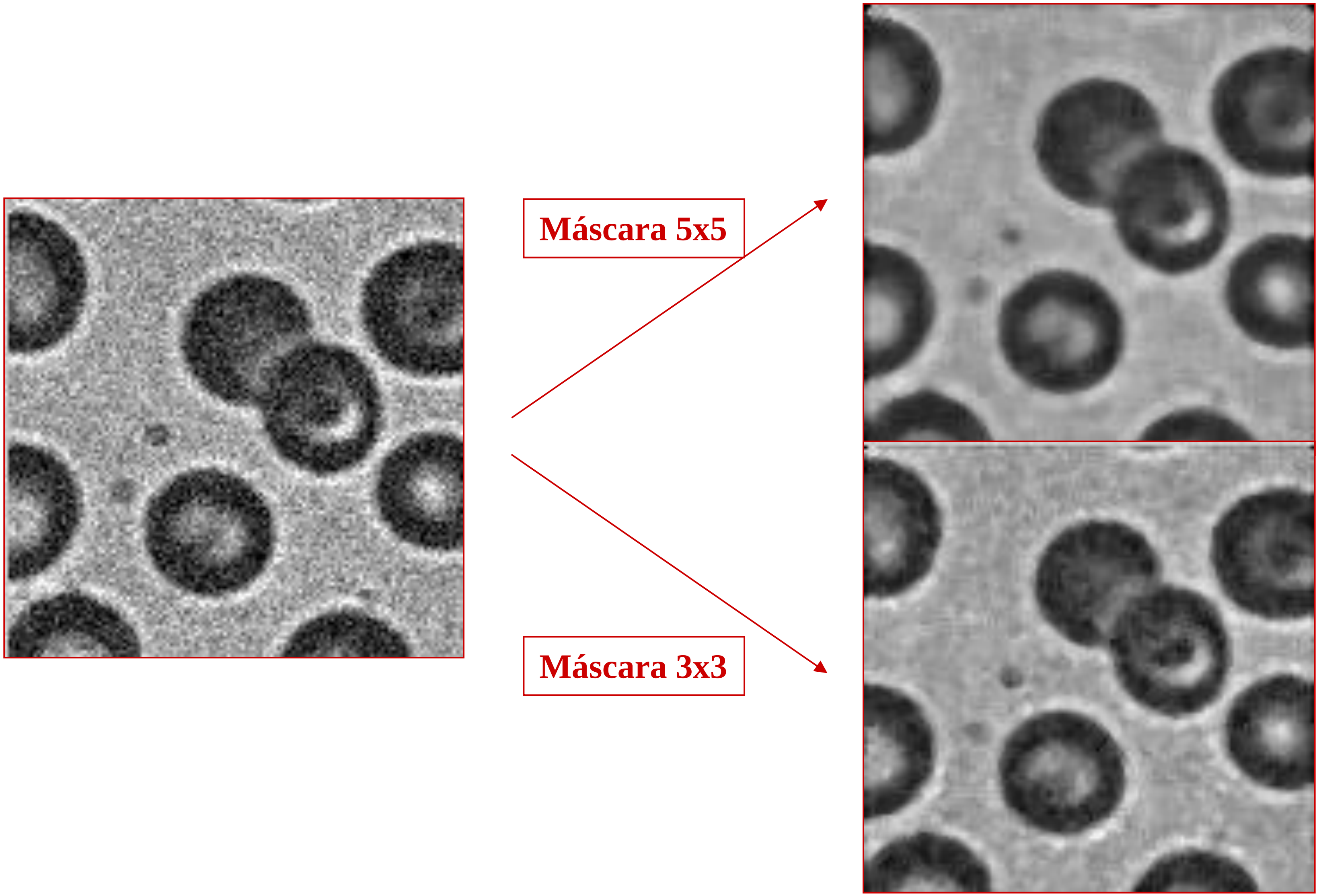
No genera nuevos niveles de gris.

Se pierden los detalles finos como líneas delgadas, puntos aislados. Además, redondea las esquinas.

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA



ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA



ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

Imagen Original

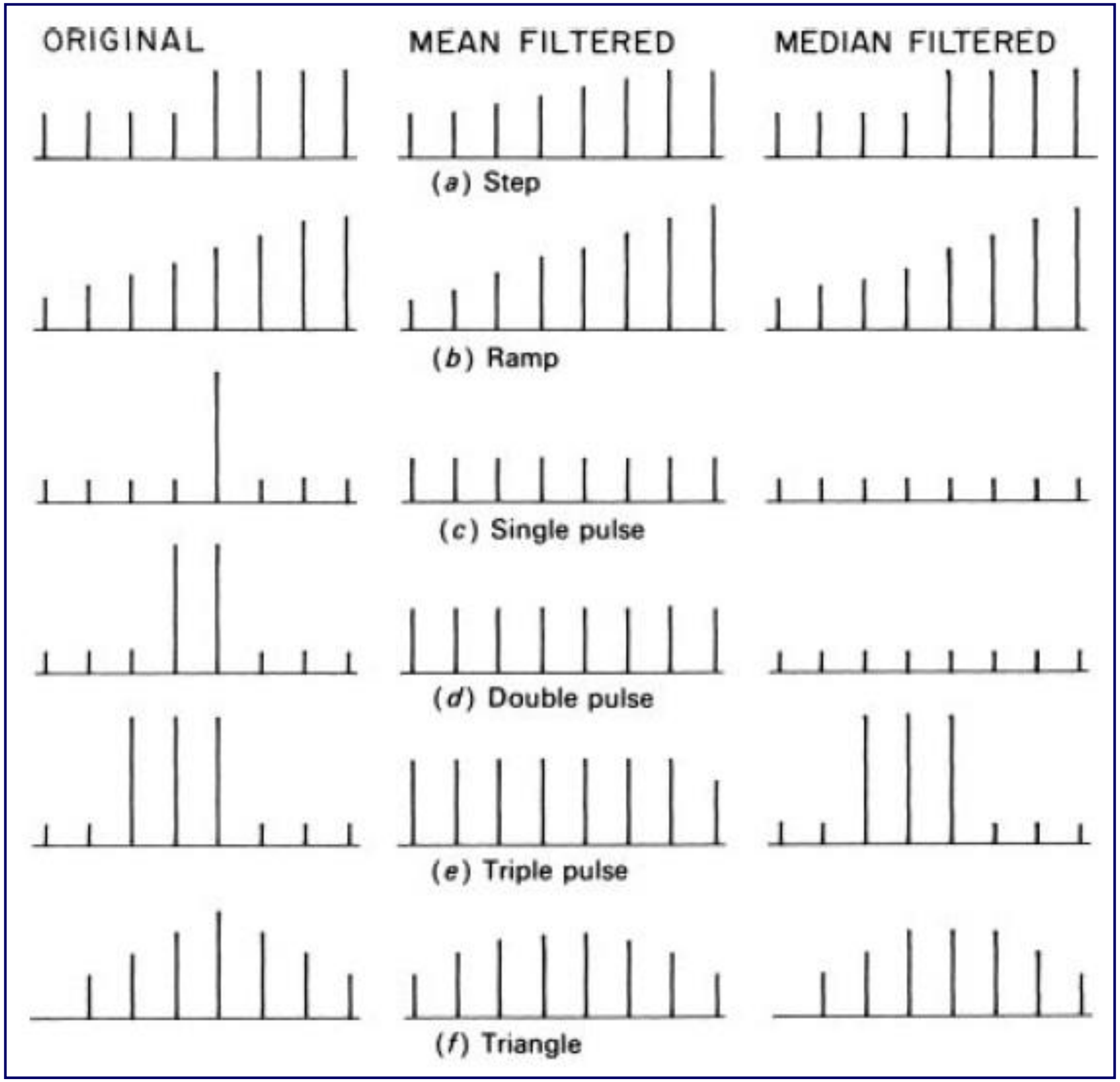
Mediana 3x3

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

Imagen Original

Media

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA



Ventana

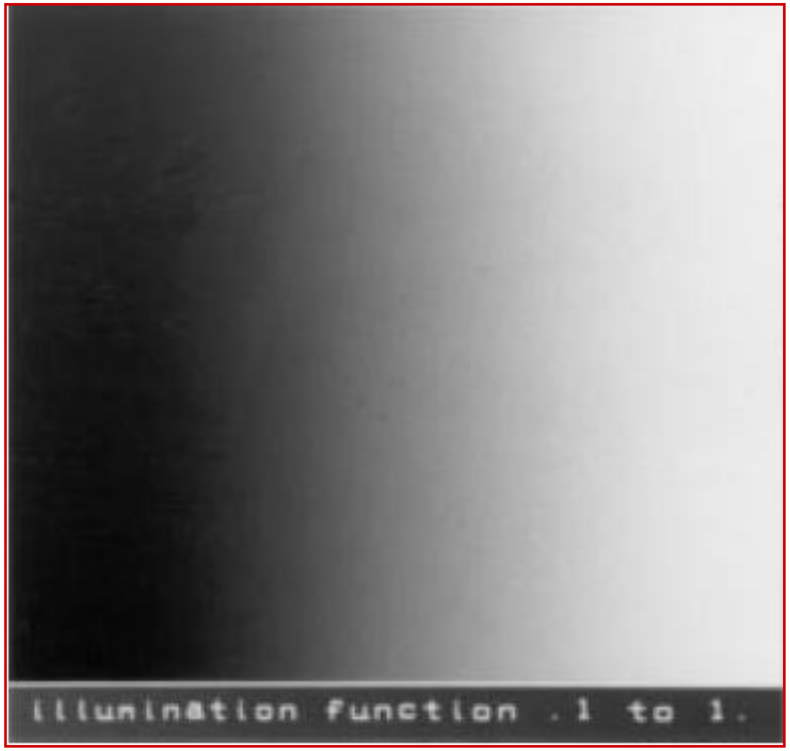
1	1	1

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

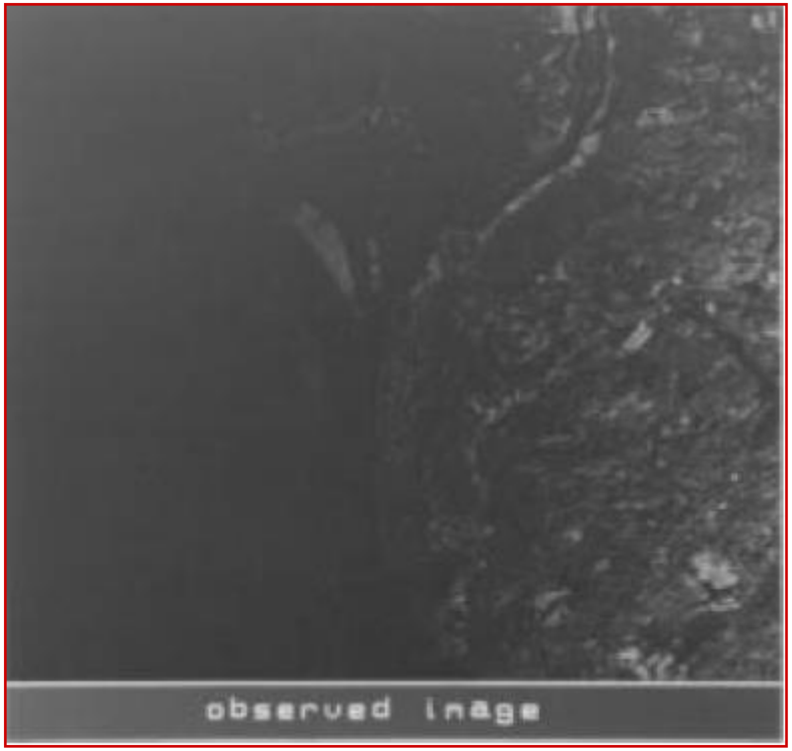
Filtro de Moda

ELIMINACIÓN DEL RUIDO MULTIPLICATIVO: FILTRO HOMOMÓRFICO

Filtro Homomórfico: Diseñado para eliminar y restaurar de una imagen ruido Multiplicativo o interferencias.



(a) Ruido=Cambio iluminación



(b) Imagen corrompida

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

Filtro Homomórfico: Diseñado para eliminar y restaurar de una imagen ruido Multiplicativo o interferencias.

(a) Ruido=Cambio iluminación → $n(x,y)$

(b) Imagen corrompida → $g(x,y)$

$$\boxed{g(x,y) = f(x,y)n(x,y)}$$

$$\downarrow$$

$$\boxed{\log\{g(x,y)\} = \log\{f(x,y)\} + \log\{n(x,y)\}}$$

Conversión a ruido aditivo→ Aplicación de los Filtros de Suavizado

ELIMINACIÓN DEL RUIDO IMPULSIVO: FILTROS DE MEDIANA Y MODA

Filtro Homomórfico: Diseñado para eliminar y restaurar de una imagen ruido Multiplicativo o interferencias.

$$\exp\left[\log\left\{g_R(x,y)\right\}\right] = g_R(x,y)$$

Función exponencial restaura la imagen final!