

FILTRADO DE IMÁGENES

1

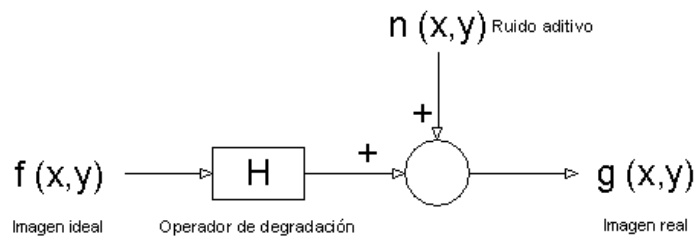
INDICE

- RUIDO
 - ¿Qué es el ruido?
 - Tipos de ruido
- TECNICAS DE FILTRADO EN DOMINIO ESPACIAL
 - Promediado de imágenes
 - Filtros de orden
 - Filtros de medias
- DOMINIO FRECUENCIAL
- FUNCIONES EN MATLAB

2

Concepto de Ruido

- El ruido es una información no deseada que contamina la imagen.
- Se manifestará generalmente en píxeles aislados que toman



3

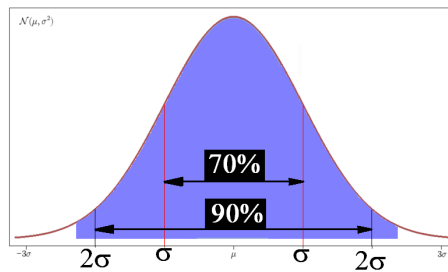
Tipos de ruido

- Gausiano
- Impulsional
- Uniforme
 - Frecuencial
 - Multiplicativo

4

Ruido Gaussiano

- El valor final del píxel es el ideal más una cierta cantidad de error.
- Puede describirse como una variable gaussiana que sigue una distribución normal.
 - $P(g(x,y) - \sigma < f(x,y) < g(x,y) + \sigma) = 70\%$
 - $P(g(x,y) - 2\sigma < f(x,y) < g(x,y) + 2\sigma) = 90\%$



5

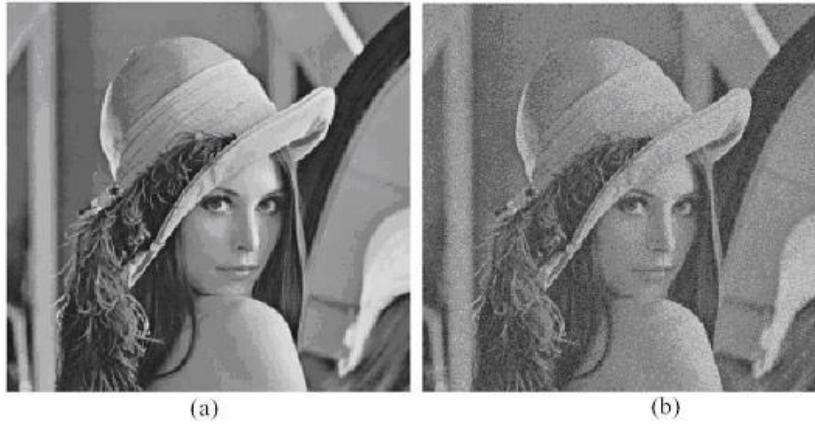
Ruido Gaussiano

- Produce pequeñas variaciones en la imagen.
- Suele ser debido a los componentes electrónicos (sensores, digitalizadores...)
- Espectro de energía constante para todas las frecuencias:
Afecta a la imagen completa.
La intensidad de todos los píxeles se ve alterada.

6

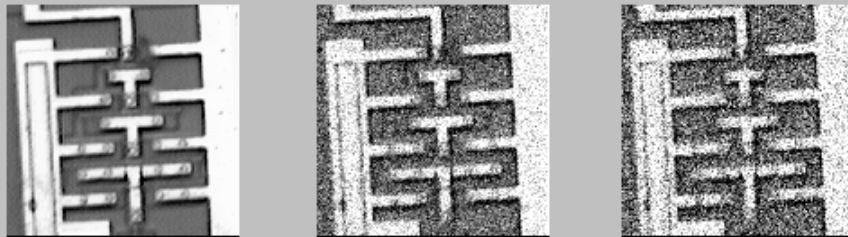
Ruido Gaussiano

- Ejemplo



Ruido Gaussiano

- Influencia del ruido gaussiano según la varianza



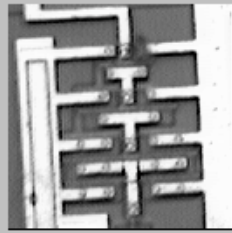
Original

R. Gaussiano
 $s=0,025$

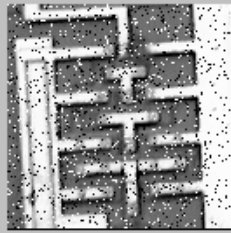
R. Gaussiano
 $s=0,05$

Ruido Impulsional 'Sal y Pimienta'

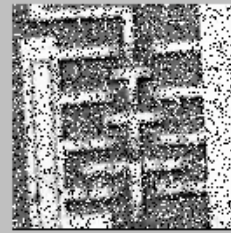
- El valor que toma el píxel no tiene relación con el valor ideal sino que toma valores muy altos o muy bajos
- Toma el valor máximo (sal) o el mínimo (pimienta).



Original



R. Impulsional
10%



R. Impulsional
30%

9

Ruido Impulsional 'Sal y Pimienta'

- Ejemplo



(a)



(b)

10

Ruido Uniforme

- El ruido que afecta a la imagen sigue una distribución uniforme
- La probabilidad de tomar cualquier valor de gris de dentro de un intervalo definido es constante.
 - Ruido uniforme frecuencial: La imagen obtenida es la real más una interferencia de señal periódica, (senoide, cosenoide...)
 - Ruido uniforme multiplicativo: La señal obtenida es fruto de la multiplicación de dos señales.

11

Ruido Uniforme

- Ejemplo de Ruido Multiplicativo



12

Ruido Uniforme

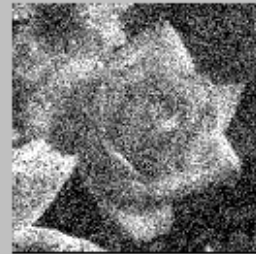
- Ejemplo de Ruido Multiplicativo



Original



R. Multiplicativo
 $s=0,005$

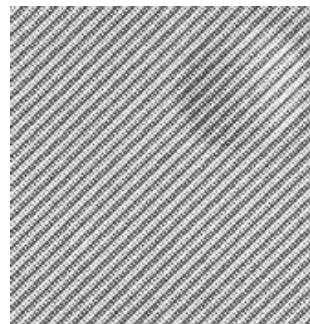
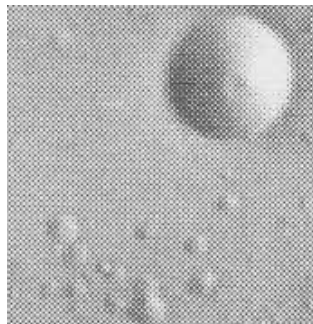


R. Multiplicativo
 $s=0,025$

13

Ruido Uniforme

- Ejemplo de Ruido Frecuencial



14

Filtros

Dominio Espacial

- **Filtros de orden**

- Mediana
- Moda
- Máximos y mínimos

- **Promediado de imágenes**

- **Filtros de medias:**

- Lineales
 - Media (paso bajo espacial)
 - Media geométrica
 - Media armónica
 - Media construa-armónico
 - De Gauss
- No lineales
 - Outlier

Dominio Frecuencial

Paso bajo Paso banda
Paso alto Rechazo banda

15

Filtros de orden.

- Metodología:

- DEFINIR TAMAÑO DE SUBMATRIZ PARA ACTUAR.
- ORDENAR LOS ELEMENTOS QUE ENGLOBAN LA SUBMATRIZ.
- APLICAR EL CRITERIO CORRESPONDIENTE DEPENDIENDO DEL FILTRO.

- Tipos de ventanas:

X	X	X
X	X	X
X	X	X

- Preserva bordes verticales y horizontales

	X	
X	X	X
	X	

- Preserva bordes inclinados

X		X
	X	
X		X

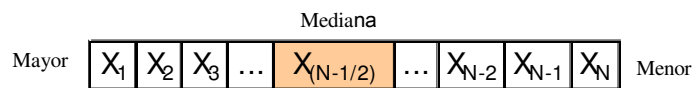
16

Filtros de orden. Filtrado de la mediana

- Sustituye el valor del píxel estudiado por la mediana de los valores que engloba una ventana de selección dada.
 - **Ventajas**
 - + Atenúa el ruido impulsional (Sal y pimienta)
 - + Elimina efectos engañosos
 - + Preserva bordes de la imagen
 - **Inconvenientes**
 - Pierde detalles (Puntos, líneas finas).
 - Redondea las esquinas de los objetos
 - Desplazamiento de los bordes

17

Filtros de orden. Filtrado de la mediana



Sustituimos la mediana en el píxel estudiado

EJEMPLO:

3	35	12
6	25	45
15	17	22

3	6	12	15	17	22	25	35	45
---	---	----	----	----	----	----	----	----

18

Filtros de orden.

Filtrado de la mediana

- FILTRO DE LA MEDIANA PONDERADA:
 - A menudo se repiten los valores de nivel de gris tantas veces como indiquen unas máscaras de ponderación.
 - Se le da más importancia a los píxeles centrales que al resto de la ventana.
 - Una máscara de ponderación muy común es :

1	2	1
2	4	2
1	2	1

19

Filtros de orden.

Filtrado de la moda

- Sustituye el píxel estudiado por el valor más repetido que contiene la ventana de selección.
 - Ventaja
 - + Atenúa el ruido impulsional (Sal y pimienta).
 - Inconveniente
 - Con frecuencia los valores de intensidad en la vecindad son todos diferentes.

20

Filtros de orden. Máximos y mínimos

- **Máximo:** selecciona el mayor valor dentro de una ventana ordenada de valores de nivel de gris.
 - Ventaja
 - + Elimina el ruido pimienta (píxeles negros).
 - Inconvenientes
 - Sólo funciona cuando el ruido es exclusivamente tipo pimienta
 - Tiende a aclarar la imagen

21

Filtros de orden. Máximos y mínimos

- **Mínimo:** Selecciona el menor valor de dentro de una ventana ordenada de valores de píxeles
 - Ventaja
 - + Elimina el ruido sal (píxeles blancos).
 - Inconvenientes
 - Sólo funciona cuando el ruido es exclusivamente tipo sal
 - Tiende a oscurecer la imagen

22

Filtros de orden. Máximos y mínimos



Filtrado de mínimos. 3x3



Filtrado de máximos. 3x3



Filtrado de mínimos. 13x13



Filtrado de máximos. 13x13

23

Promediado de imágenes

- Se promedian píxeles de distintas imágenes de una misma escena

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$$

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M g_i(x, y)$$

- La escena no debe variar** significativamente durante un determinado número de muestras.
- Cuanto mayor sea el número de muestras, más nos acercaremos a la imagen ideal, $f(x, y)$.

24

Promediado de imágenes

imatge original



imatge amb renou gaussià



Suma de 5 imatges



suma de 25 imatges



25

Promediado de imágenes

imatge original



imatge amb renou sal i pebre



Suma de 5 imatges



suma de 25 imatges



Filtros de media Lineales

- **Paso bajo espaciales**
 - Se emplea para disminuir la ganancia de las altas frecuencias
 - Intensidad del nuevo píxel \rightarrow promedio de los píxeles de la imagen original

$$Ma = \frac{1}{nm} \sum_{(x,y) \in W} f(x, y)$$

donde nm es el número de píxeles en la ventana W de dimensión $n \times m$

27

Filtros de media Lineales

- **Paso bajo espaciales**
 - A mayor ventana \rightarrow mayor reducción del ruido y mayor difuminación de los bordes
 - El filtro más intuitivo es:

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

Esta configuración recibe el nombre de media aritmética

28

Filtros de media Lineales

- **Paso bajo espaciales**

- Se puede dar distintos pesos a los valores de los píxeles
 - Mayor peso al central. Máscara:

$$\frac{1}{9} * \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

29

Filtros de media Lineales

- **Paso bajo espaciales**

- Mayor peso al píxel central que a sus vecinos, y a los vecinos de tipo cuatro que a los de tipo 8. Máscara:

$$\frac{1}{9} * \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & b & 1 \\ \hline b & b^2 & b \\ \hline 1 & b & 1 \\ \hline \end{array}$$

- Este filtro no logra eliminar el ruido impulsional

30

Filtros de media Lineales

- **Ejemplo de Paso bajo espaciales.**
- Filtrar la siguiente imagen con el filtro propuesto

5	5	5	5	5
5	5	30	5	5
5	5	5	5	5
40	40	40	40	40
40	40	40	40	40

Imatge original

1	1	1
1	2	1
1	1	1

Filtre passa baixa

31

Filtros de media Lineales

- **Ejemplo de Paso bajo espaciales.**
- Solución:

5	7.5	7.5	7.5	5
5	7.5	10	7.5	5
15.5	18	18	18	15.5
29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
40	40	40	40	40

Imatge filtrada

32

Filtros de media Lineales

- **Filtro media geométrica**

- Definido como el producto de los valores de los píxeles dentro de la ventana, elevados a la potencia $1/nm$

$$Mg = \prod_{(x,y) \in W} [f(x,y)]^{1/nm}$$

donde nm es el número de píxeles en la ventana W de dimensiones $n \times m$

- Bueno para eliminar el ruido Gaussiano. Falla con el ruido impulsional

33

Filtros de media Lineales

- **Filtro de la media armónica**

- Definido como la división del tamaño de la ventana entre la suma de la inversa de los píxeles de la ventana

$$Mar = \frac{nm}{\sum_{(x,y) \in W} \frac{1}{f(x,y)}}$$

donde nm es el número de píxeles en la ventana W de dimensiones $n \times m$

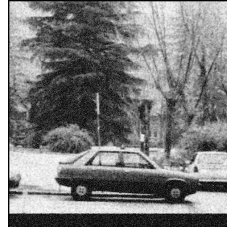
- Trabaja bien con ruido Gaussiano. Falla con ruido de pimienta pero trabaja bien con ruido de tipo sal

34

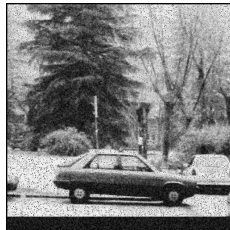
Filtros de media Lineales



Imagen corrompida con ruido gaussiano



Filtrado con un pasa bajo espacial



Filtrado con media geométrica



Filtrado con media armónica

35

Filtros de media Lineales

- **Filtro de la media contra-armónica**

- Definido por

$$Mca = \frac{\sum_{(x,y) \in W} f(x,y)^{R+1}}{\sum_{(x,y) \in W} f(x,y)^R}$$

• $R > 0 \rightarrow$ elimina el ruido tipo 'pimienta'.

• $R < 0 \rightarrow$ elimina el ruido tipo 'sal'.

• $R = 0 \rightarrow$ realiza la media aritmética.

donde: W es la ventana de dimensiones $n \times m$ tomada en cuenta
 R la tendencia del valor final

36

Filtros de media. Lineales



Imagen corrompida con ruido tipo sal

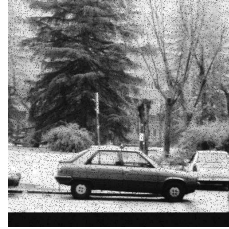


Imagen corrompida con ruido tipo pimienta



Filtrado con contra-armónico
 $R=-3$

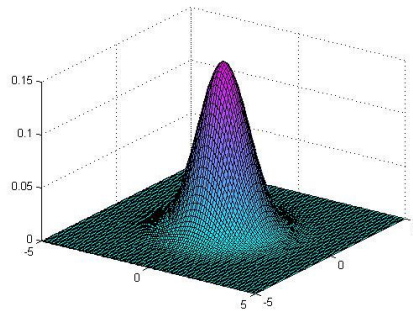


Filtrado con contra-armónico
 $R=3$

42

Filtros de media. Lineales

- **Filtro de Gauss**
 - Son máscaras de convolución que imitan la campana de Gauss



43

Filtros de media. Lineales

- **Filtro de Gauss**

- Propiedades

- Simetría rotacional. Tiene el mismo efecto en todas las direcciones

$\sigma = 0,625$ píxeles

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

44

Filtros de media. Lineales

- **Filtro de Gauss**

- Propiedades

- Simetría rotacional. Tiene el mismo efecto en todas las direcciones
 - Un único lóbulo (pico)
 - El peso de los píxeles decrece con la distancia al centro
 - Cuanto más alejado está un píxel, menos significativo es
 - Preserva las bajas frecuencias y tiende a eliminar las altas.
 - El grado de filtrado es controlado por σ
 - A mayor $\sigma \rightarrow$ mayor suavizado y se tiene en cuenta los puntos más alejados de la media
 - Filtro previo a la detección de bordes

45

Filtros de media. Lineales

- Filtro de Gauss

- Ejemplos

Si $\sigma = 1$ píxeles

3	6	7	6	3
6	9	11	9	6
7	11	12	11	7
6	9	11	9	6
3	6	7	6	3

Si $\sigma = 1,6$ píxeles

7	8	9	8	7
8	10	11	10	8
9	11	12	11	9
8	10	11	10	8
7	8	9	8	7

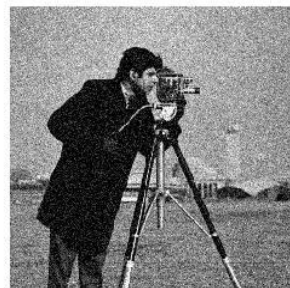
46

Filtros de media. Lineales

- Ejemplos de Filtrado Gaussiano



imatge original



Imatge amb renou gaussià



Filtrada amb un filtre 3×3 i $\sigma=0.5$



Filtrada amb un filtre 5×5 i $\sigma=1.6$

47

Filtros de media Lineales

- **Ejemplo de Filtro de Gauss.**

- Filtrar la siguiente imagen con los filtros propuestos

5	5	5	5	5
5	5	30	5	5
5	5	5	5	5
40	40	40	40	40
40	40	40	40	40

Imatge Original $f(x,y)$

0.01	0.08	0.01
0.08	0.62	0.08
0.01	0.08	0.01

Filtre Gaussià $h1(x,y)$ amb $\sigma = 0.5$

0,10	0,12	0,10
0,12	0,14	0,12
0,10	0,12	0,10

Filtre Gaussià $h2(x,y)$ amb $\sigma = 1.6$

48

Filtros de media Lineales

- **Ejemplo de Filtro de Gauss.**

- Solución:

5	5.28	7.10	5.28	5
5	7.10	20.48	7.10	5
8.73	9.01	10.82	9.01	8.73
36.27	36.27	36.27	36.27	36.27
40	40	40	40	40

Resultat d'aplicar el filtre $h1$

5	7.42	7.94	7.42	5
5	7.94	8.57	7.94	5
15.88	18.30	18.82	18.30	15.88
29.12	29.12	29.12	29.12	29.12
40	40	40	40	40

Resultat d'aplicar el filtre $h2$

49

Filtros de media No Lineales

- **Filtro Outlier**

- Se basa en la diferencia entre el valor del píxel y la media de los vecinos de la máscara.
 - Si la diferencia es superior a un valor preestablecido, se considera ruido y se sustituye por el valor de esta media
- Mejor respuesta ante el ruido impulsional que los filtros lineales

50

DOMINIO FRECUENCIAL

Aunque en procesamiento de imágenes es habitual trabajar en frecuencia, el filtrado suele realizarse directamente en el dominio espacial ya que el coste computacional de la transformada de Fourier es excesivo.

- **PERFILES TÍPICOS DE FILTROS EN EL DOMINIO DE FRECUENCIA:**

- PASO BAJA



- PASO BANDA

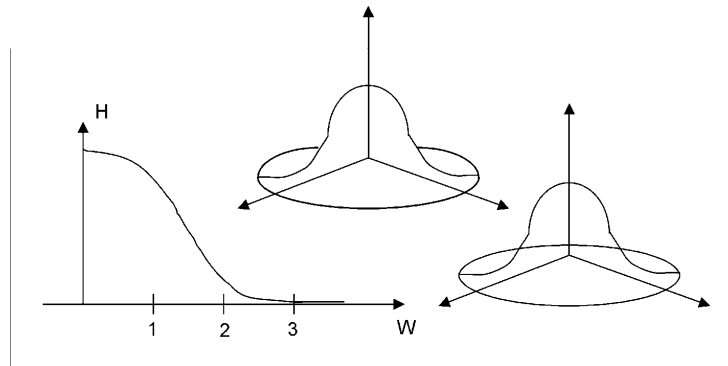


- PASO ALTA

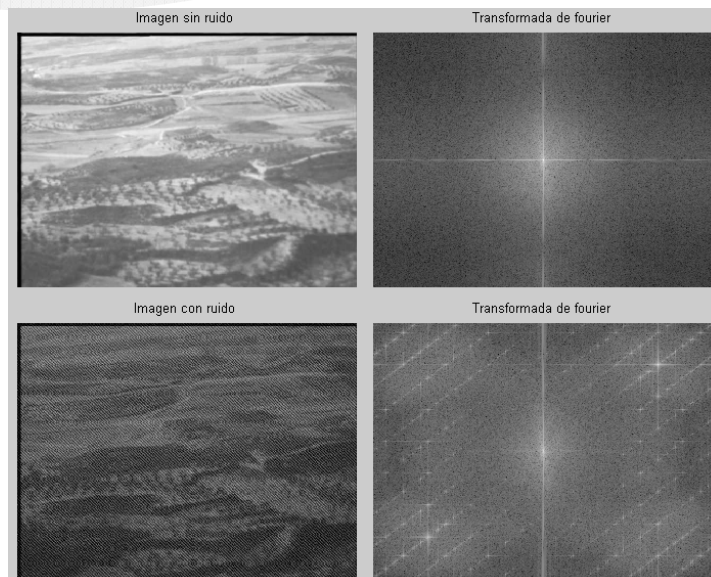


DOMINIO FRECUENCIAL

Para suavizar la función de los filtros anteriormente mencionados → BUTTERWORTH

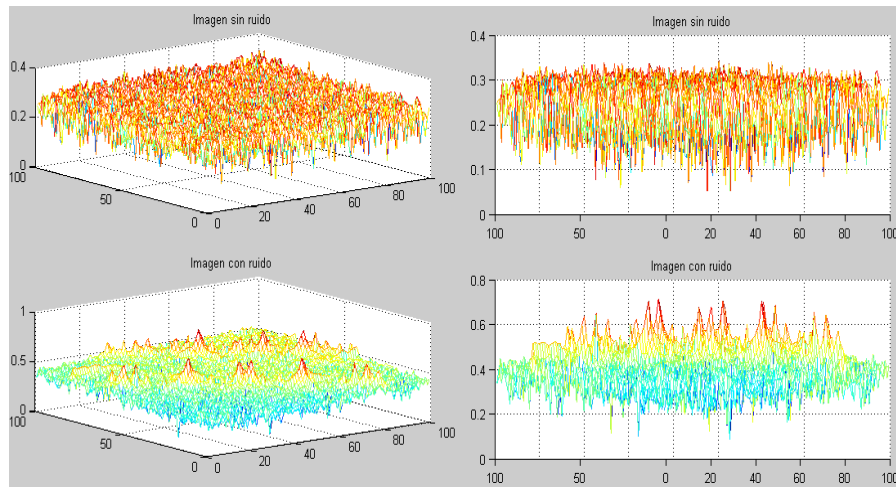


Ejemplos en Dominio Frecuencial



53

Ejemplos en Dominio Frecuencial



54

MatLab

- Introducción de ruido:
 - Gaussiano:
 - `Filtrada = imnoise(imagen, 'gaussian', 'media', 'varianza')`
 - Por defecto: `media=0` `varianza=0.01`
 - `Filtrada = imnoise(imagen, 'localvar', 'varianza')`
 - Por defecto: `media=0` `varianza=0.01`
 - Permite definir la varianza de cada píxel por separado
 - Impulsional:
 - `Filtrada = imnoise(imagen, 'salt & pepper', 'media', 'varianza')`
 - Multiplicativo:
 - `Filtrada = imnoise(imagen, 'speckle', 'media', 'varianza')`

55

MatLab

- **Filtrado:**

- Mediana:

- `Filtrada = medfilt2(Imagen,[tamaño de ventana])`

- Por defecto: ventana = 3 x 3

- Máximo:

- `Filtrada = ordfilt2 (Imagen,9,ones(tamaño de ventana))`

- Mínimo:

- `Filtrada = ordfilt2 (Imagen,1,ones(tamaño de ventana))`

- Media aritmética:

- `Filtrada = imfilter (Imagen,fspecial('average',[tamaño de ventana]))`

- Por defecto: ventana = 3 x 3

- Gaussiano:

- `Filtrada = imfilter (Imagen,fspecial('gaussian',[tamaño de ventana],varianza))`

- Por defecto: ventana = 3 x 3