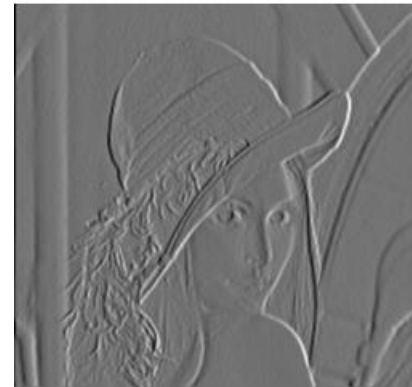


Tema 3: Filtros

Imagen con ruido $N(0,0.03)$



Imagen promediada espacialmente (3x3)



Filtros digitales

Los filtros digitales constituyen uno de los principales modos de operar en el procesamiento de imágenes digitales. Pueden usarse para distintos fines, pero en todos los casos, el resultado sobre cada píxel depende de los píxeles de su entorno.

Una imagen se puede filtrar en el **dominio del espacio**, trabajando directamente sobre los píxeles de la imagen, o en el **dominio de la frecuencia**, donde las operaciones se llevan a cabo en la transformada de Fourier de la imagen .

Filtros digitales

Distintos objetivos:

Suavizar la imagen: reducir las variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.

Eliminar ruido: modificar aquellos píxeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos.

Realzar la imagen: aumentar las variaciones de intensidad, allí donde se producen.

Detectar bordes: detectar aquellos píxeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

Filtros digitales

Ruido: es la información no deseada que contamina la imagen.

$$g(x,y)=f(x,y)+r(x,y)$$

El origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen (errores en los sensores), como en el de transmisión (debido a interferencias en el canal de transmisión).

Existen distintos modelos de ruido, según las funciones de densidad de probabilidad que sigan sus intensidades $r(x,y)$:

- Ruido gaussiano
- Ruido uniforme
- Ruido impulsivo (sal y pimienta)
- Etc.

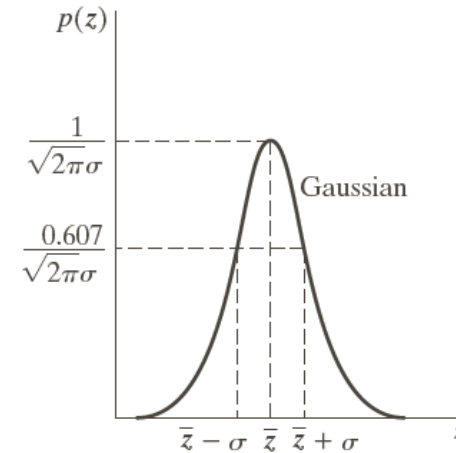
[Tipos de ruido en la imagen](#)

Filtros digitales

Ruido Gaussiano (o normal)

Modela el ruido producido por los circuitos electrónicos o ruido de los sensores por falta de iluminación y/o altas temperaturas.

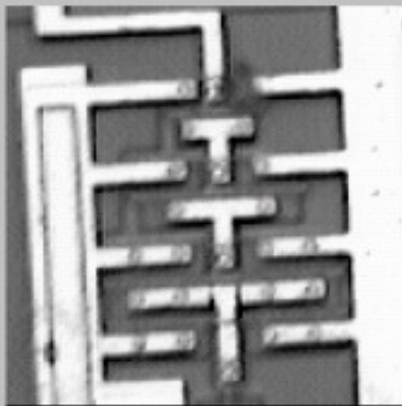
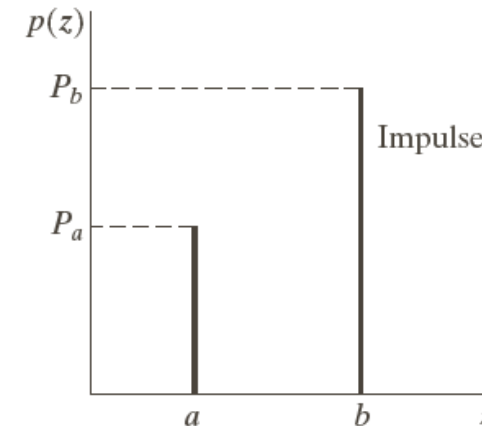
La intensidad de todos los píxeles se ve afectada.



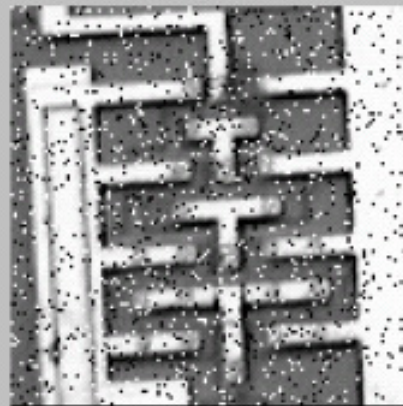
Filtros digitales

Ruido impulsivo (o sal y pimienta)

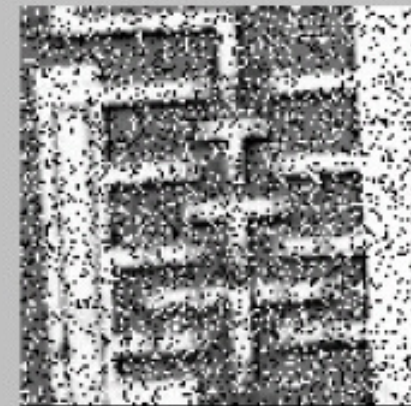
Se produce normalmente en la cuantificación que se realiza en el proceso de digitalización.



Original



R. Impulsional
10%

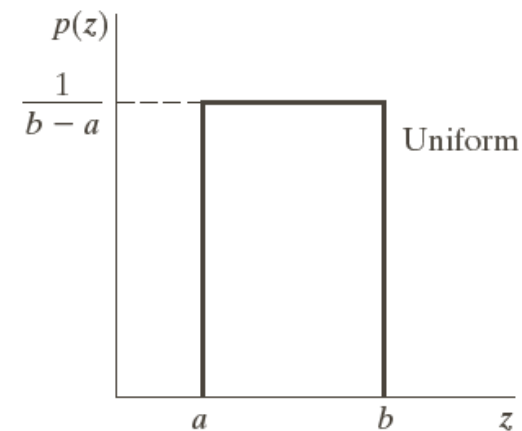


R. Impulsional
30%

Filtros digitales

Ruido uniforme

Toma valores en un determinado intervalo de forma equiprobable. Se da en un menor número de situaciones reales.



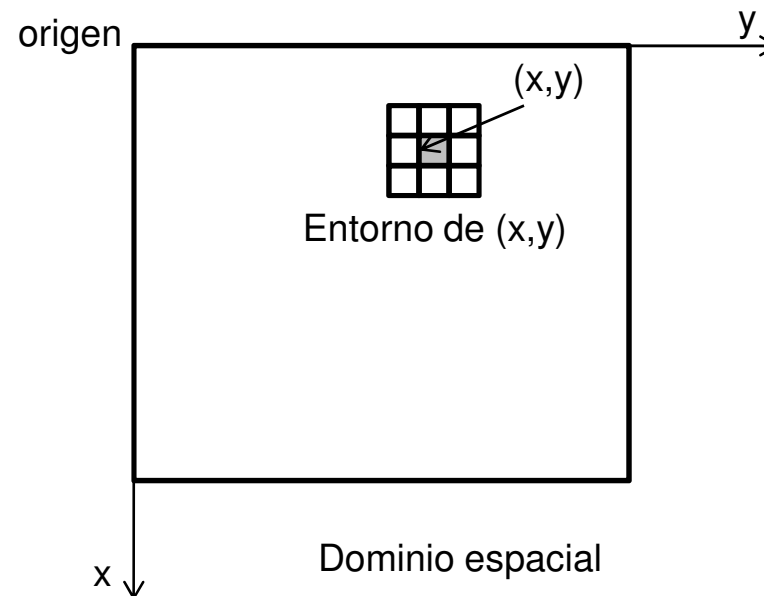
Filtros digitales

Los filtros se pueden clasificar en:

- Filtros en el dominio del espacio
- Filtros en el dominio de la frecuencia

Filtros en el dominio del espacio

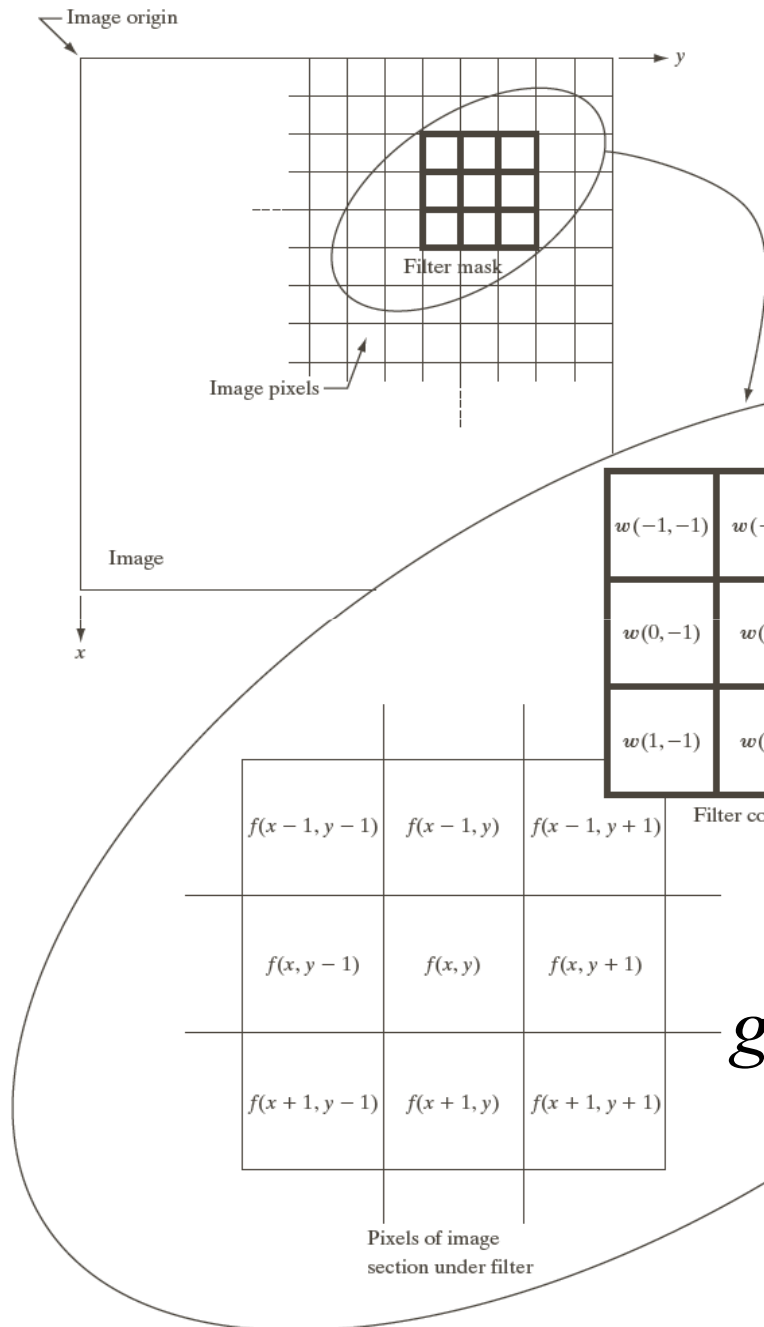
Las operaciones espaciales de filtrado se definen en un entorno de vecindad del punto a transformar (x,y) .



Los filtros en el dominio del espacio pueden clasificarse en:

1. Filtros lineales (filtros basados en máscaras de convolución).
2. Filtros no lineales.

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales



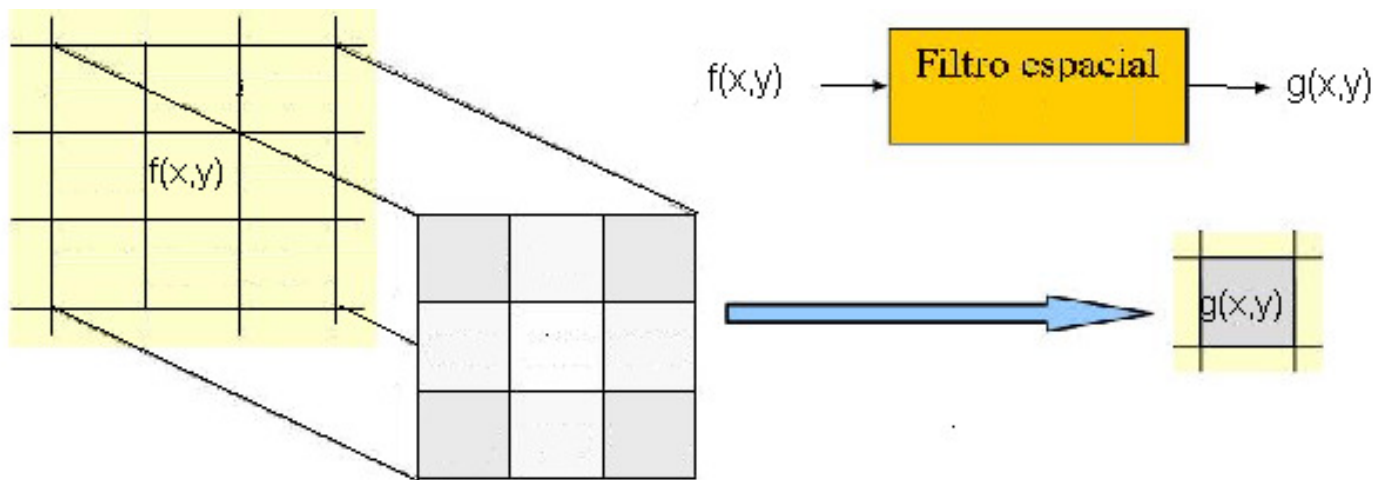
Dada una imagen $f(x,y)$ y una máscara $w(x,y)$, la imagen resultante $g(x,y)$ consiste en realizar la operación:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)$$

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Máscara: matriz de coeficientes:

- El entorno del punto (x,y) que se considera en la imagen para obtener $g(x,y)$ está determinado por el tamaño y forma de la máscara.
- El tipo de filtrado está determinado por el contenido de la máscara.

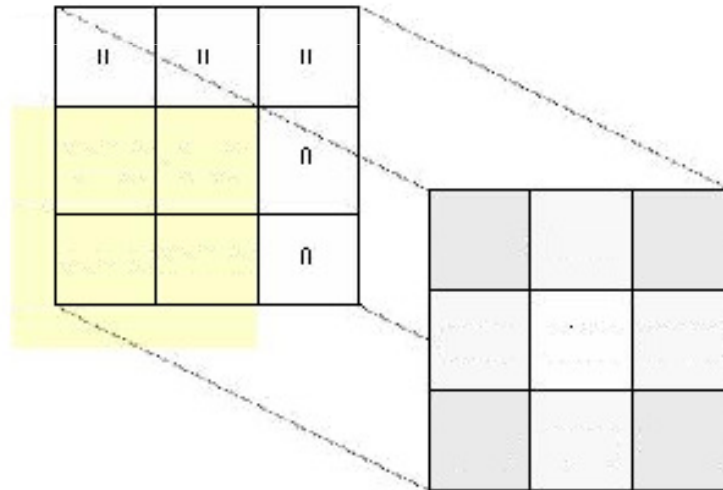


Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Tratamiento de límites de la imagen

Puede aplicarse la máscara extendiendo la imagen con un marco de ceros de la anchura adecuada

Esto puede tener efectos no deseados (p. ej., de difuminación en los límites de la imagen) pero, en general, poco significativos si la máscara es pequeña en relación con el tamaño de la imagen.



Ejercicio: establecer otras formas de tratar los límites de la imagen 12

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro de la media

El filtro de la media es el más simple, intuitivo y fácil de implementar para suavizar imágenes que el de la mediana, es decir, reducir la cantidad de variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.

¿Cómo funciona? Se visita cada píxel de la imagen y se reemplaza por la media de los píxeles vecinos. Se puede operar mediante convolución con una máscara determinada.

Ejemplo de máscara
3x3 para el filtro de la
media:

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

Ejercicio: ¿Cómo será la máscara de filtro de media de tamaño 5x5?

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro de la media

- Imagen original de 500 x 500 píxeles
- Resultados de aplicar filtros de la media con máscaras de tamaño 3, 5, 9, 15, y 35.



Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro de la media



Imagen original



Imagen con ruido gaussiano con media 0 y desviación típica 8.



Filtro de la media 3 x 3

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro de la media

El filtro de la media ofrece ciertas desventajas:

- El filtro de la media es bastante sensible a cambios locales.
- El filtro de la media puede crear nuevas intensidades de grises que no aparecían en la imagen.

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro gaussiano

El filtro gaussiano se usa para emborronar imágenes y eliminar ruido. Es similar al filtro de media pero se usa una máscara diferente, modelizando la función gaussiana:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Ejemplo de máscara 5x5 para el filtro gaussiano con $\sigma=1.0$:

$$\frac{1}{273}$$

1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro gaussiano

$\sigma = 1$



$\sigma = 2$



$\sigma = 3$



$\sigma = 4$



Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro gaussiano

Las ventajas del filtro gaussiano frente al filtro de media son:

- Es separable: es decir, en lugar de realizar una convolución bidimensional, podemos realizar dos convoluciones unidimensionales. Una en sentido horizontal y otra en sentido vertical.

Un ejemplo de máscara gaussiana 1-D con la que tendríamos el mismo resultado que con la máscara de la transparencia anterior sería:

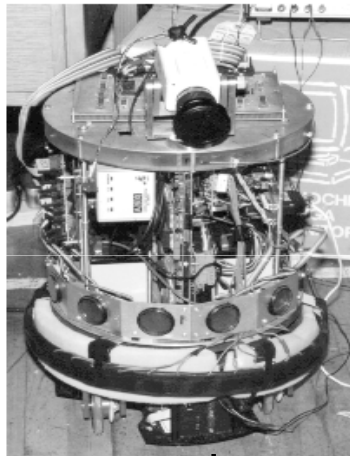
.006	.061	.242	.383	.242	.061	.006
------	------	------	------	------	------	------

- El filtro gaussiano produce un suavizado más uniforme que el filtro de media.

Filtros en el dominio del espacio: filtros lineales

Filtro gaussiano

Ejemplo: Imagen original



Filtro gaussiano con $\sigma=2.0$



filtro gaussiano con $\sigma=1.0$



filtro gaussiano con $\sigma=4.0$



Para practicar:
[demo on-line](#)

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtros estadísticos de orden

Funcionan ordenando los valores en la vecindad de cada punto de menor a mayor, y obteniendo algún valor a partir de la lista ordenada.

Tipos:

- *Mínimo*: selecciona el valor más pequeño.
- *Máximo*: selecciona el valor más alto.
- *Mediana*: selecciona el valor en la posición intermedia.

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de 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

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de mínimo

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

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de máximo y mínimo



Filtrado de mínimos. 3x3



Filtrado de máximos. 3x3



Filtrado de mínimos. 13x13



Filtrado de máximos. 13x13

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de la mediana (median filter)

Se suele usar para eliminar ruido en la imagen.

¿Cómo funciona? Se visita cada píxel de la imagen y se reemplaza por la mediana de los píxeles vecinos. La mediana se calcula ordenando los valores de los píxeles vecinos en orden y seleccionando el que queda en medio.

Ejemplo:

123	125	126	130	140
122	124	126	127	135
118	120	150	125	134
119	115	119	123	133
111	116	110	120	130

Neighbourhood values:

115, 119, 120, 123, 124,
125, 126, 127, 150

Median value: 124

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de la mediana (median filter)

Desventajas:

Este filtro no es lineal. Dadas dos imágenes A y B,

$$\text{mediana}(A+B) \neq \text{mediana}(A) + \text{mediana}(B)$$

Ventajas:

Da muy buenos resultados en caso de ruido sal y pimienta.

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de la mediana (median filter)

Ejemplo:



Imagen
resultante
tras realizar
un filtro de
mediana de
tamaño 7x7



Para practicar: [demo on-line](#)

Filtros en el dominio del espacio

Filtros de la media y la mediana

Ejemplo:



Imagen resultante tras realizar un filtro de mediana de tamaño 3x3

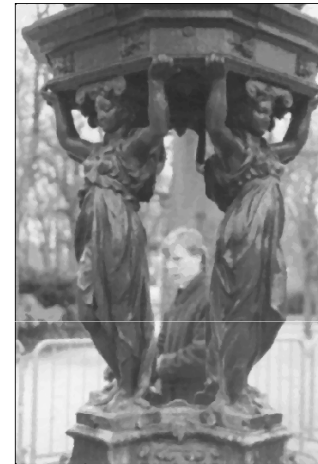
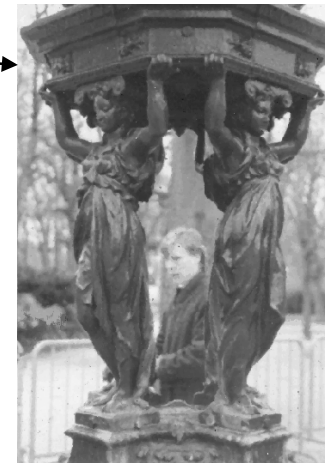


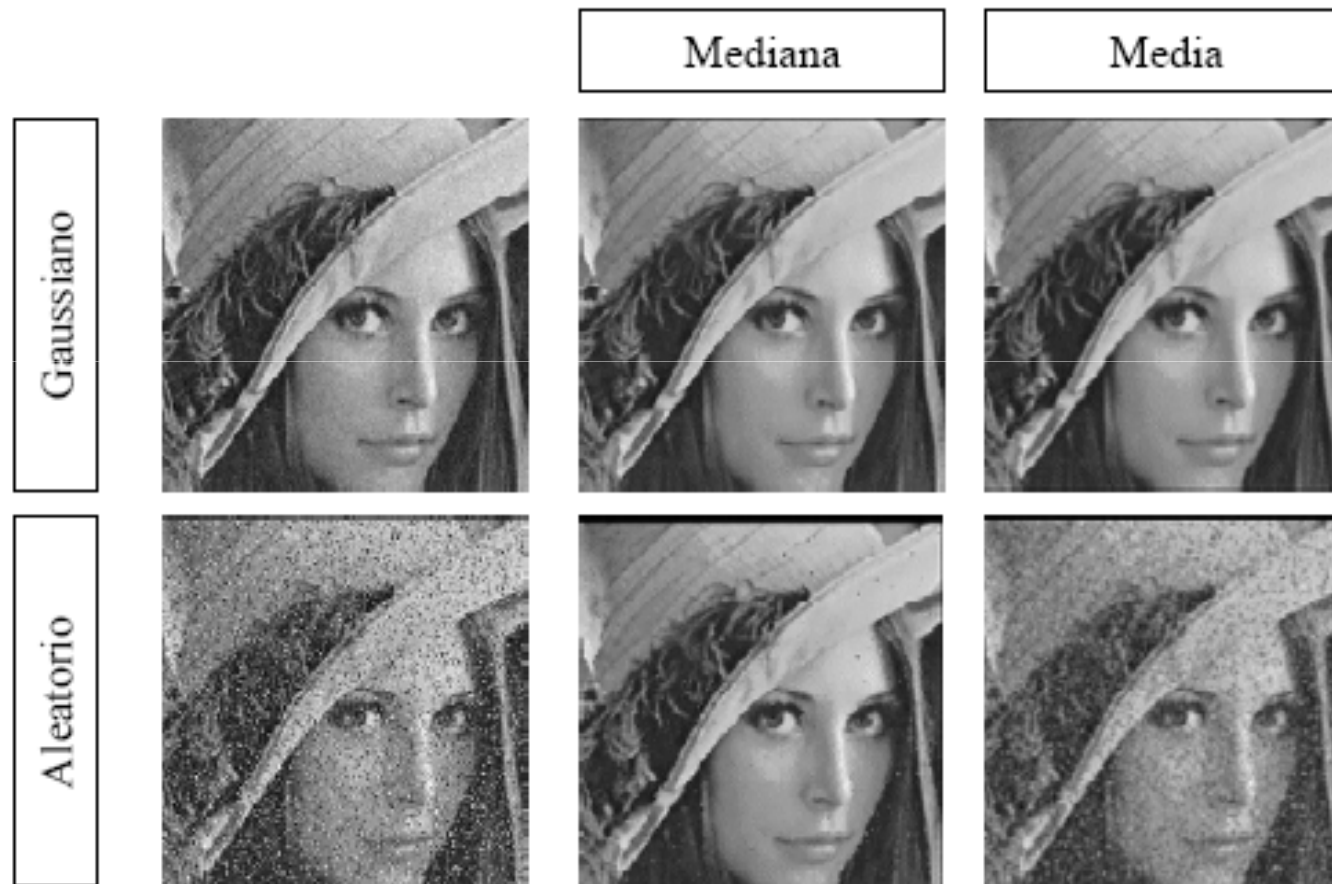
Imagen resultante tras realizar un filtro de media de tamaño 3x3



Para practicar: [demo on-line](#)

Filtros en el dominio del espacio

Filtros de la media y la mediana



Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de la mediana (median filter)

□ Mediana Ponderada del Entorno de Vecindad

- La nueva imagen $g(x,y)$ se genera a base de hallar la mediana del conjunto formado por los píxeles de la imagen f , en un entorno de vecindad del punto (x,y) , repetidos tantas veces como se indique en la máscara $h(u,v)$
- Una máscara $h(u,v)$ muy utilizada:

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Filtro de la mediana (median filter)

- Mediana Ponderada del Entorno de Vecindad

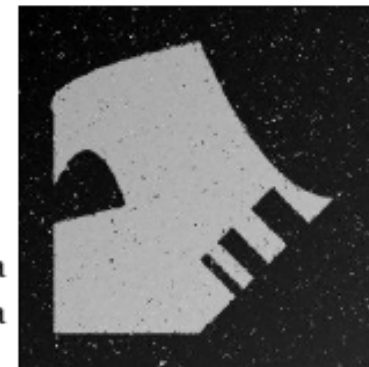
- Ejemplo:



Imagen con Ruido Aleatorio



Filtro Mediana



Filtro Mediana Ponderada

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Otros filtros

□ Punto Medio del Entorno de Vecindad

- La nueva imagen se genera a base de hallar la semisuma de los píxels máximo y mínimo del conjunto formado por los píxels de la imagen f en un entorno de vecindad del punto (x,y)

$$g(x, y) = \frac{f_{\max}(i, j) + f_{\min}(i, j)}{2} \quad (i, j) \in S$$

- Disminuye la Nitidez
- Pérdida de detalles de forma
- Más indicado para eliminar ruido Uniforme

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Otros filtros

- Alpha-Media del Entorno de Vecindad
 - La nueva imagen $g(x,y)$ se genera a base de hallar la media del conjunto formado por los píxeles de la imagen f en un entorno de vecindad del punto (x,y) , eliminados los T de mayor y menor valor

$$g(x, y) = \frac{1}{P \cdot Q - 2T} \sum_{k=T+1}^{P \cdot Q - T} f(k)$$

- Buen compromiso para imágenes con ruido gaussiano y aleatorio simultáneamente

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Otros filtros

- Media Geométrica del Entorno de Vecindad
 - Producto de los valores de los pixels dentro de la ventana elevados a la potencia $1/N^2$

$$M_{\text{Geom.}} = \prod_{(i,j) \in S_{x,y}} [f(i,j)]^{\frac{1}{N^2}}$$

- Trabaja bien con ruido Gaussiano, reteniendo mejor los detalles de la información que el filtro de la media aritmética
- Falla con ruido de tipo sal y pimienta

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Otros filtros

■ Filtros Adaptativos

- Modifican su comportamiento en función de las características locales de la imagen
- Filtro Mínimo Error Cuadrático MMSE

$$\text{MMSE} = f(i,j) - \frac{\sigma_n^2}{\sigma_l^2} [f(i,j) - m_l(i,j)]$$

σ_n^2 : Varianza del ruido σ_l^2 : Varianza local

m_l : Media local

- Si la imagen no tiene ruido, el filtro deja la imagen original
- En zonas de la imagen constantes, la varianza local será muy parecida a la varianza del ruido, y el filtro se convierte en la media
- En zonas de la imagen con alta varianza (zonas de bordes), prácticamente la imagen permanece inalterada

Filtros en el dominio del espacio: filtros no lineales

Otros filtros

Ejemplo:



**Imagen Original
con Ruido Gaussiano**



**Filtro MMSE
Var. 27; 5x5**

Filtros en el dominio del espacio

Suavizado de la imagen:

- [Filtro de la mediana](#)
- [Filtro de la media](#)
- [Filtro gaussiano](#)
- [Filtro conservativo](#)
- [Filtro Crimmins](#)

Para más información:

[HIPR2](#)

[IMAGine](#)