

## Bloque 2: Operadores lineales

### ENUNCIADO

### Ejercicios Guía

#### *Ejercicio 1a: Suavizado*

Cargue y visualice la imagen `enigma.jpg`

**Obra:** El enigma sin fin

**Autor:** Salvador Dalí Domènech

**Fecha:** 1938

**Museo:** Museo Nacional Centro de Arte "Reina Sofía"

**Características:** 114'3 x 144 cm.

**Estilo:** Surrealismo

**Material:** Óleo sobre lienzo

A continuación fíltrela con un filtro de media de orden 3 (consulte el material de experto asociado). Visualice la imagen obtenida y la diferencia al cuadrado calculada canal a canal entre la imagen original y la filtrada (al filtrar y restar opere con las imágenes en `double`). Observe la diferencia mediante la instrucción `imagesc` y reflexione sobre el efecto del filtro.

#### *Ejercicio 2a: Extracción de contornos*

Lea la imagen `ny_gray.png`. Obtenga sus contornos utilizando para ello los filtros de Prewitt 3x3. Visualice mediante las instrucciones entre paréntesis: la imagen original (`I, imshow`), la imagen de intensidad de bordes horizontales (`FX, imagesc`) la imagen de intensidad de bordes verticales (`FY, imagesc`), la imagen de intensidad de bordes total (`F, imagesc`). Le recomendamos que para las imágenes representadas con `imagesc` use un mapa de colores en escala de grises. Puede realizarlo poniendo la instrucción `colormap(gray)` debajo de las representaciones. Opere siempre con las imágenes en tipo `double`.

#### *Ejercicio 3a: Diseño a partir de filtros ideales circulares centrados*

Siga las instrucciones del experto 2 para el diseño de máscaras de filtrado en frecuencia.

Construya un filtro **paso bajo circular ideal** en la región  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  con las siguientes características:

- Frecuencia de muestreo en el retículo ortogonal:  $f_s = 400$ .
- Retículo ortogonal de vectores:  $\vec{v}_1 = (1/f_s, 0)$ ,  $\vec{v}_2 = (0, 1/f_s)$
- Posición central del filtro (en el centro de la imagen):  $f_{0x} = 0.5$ ,  $f_{0y} = 0.5$
- Frecuencia de corte (horizontal y vertical):  $D_0 = f_s/4$

Para la definición del filtro, utilice la ecuación del círculo,  $(x^2 + y^2) \leq r^2$ , y  $D_0/f_s$  como radio.

### Medida del error del diseño

Obtenga el error del filtro espacial obtenido respecto del filtro frecuencial deseado. Para ello parta de la respuesta al impulso obtenida en el paso II (ver Material de experto asociado) y sustituya los valores correspondientes al área del filtro espacial por los obtenidos tras el proceso de redondeo a entero. Anule el resto de valores:

```
h_f = zeros(size(h));  
h_f(cy-w:cy+w,cx-w:cx+w) = filter_mask./C;
```

Obtenga la transformada inversa de Fourier de esta respuesta al impulso truncada, para ello recuerde realizar las operaciones de desplazado opuestas a las del paso II (ver experto 2).

```
h_f_d = fftshift(h_f);  
f_filter_t_d = fft2(h_f_d);  
f_filter_t = abs(ifftshift(f_filter_t_d)); % sólo el módulo
```

Realice un estiramiento de  $f\_filter\_t$  al rango del filtro  $f\_filter$   $[0,1]$ .

Represente utilizando `subplot` en un gráfico de 3 columnas y utilizando `imagesc` con mapa de colores en escala de grises en cada figura: el filtro diseñado en frecuencia ( $f\_filter$ ), el módulo del filtro en frecuencia obtenido tras estirar ( $f\_filter\_t$ ) y la diferencia al cuadrado entre ambos. Calcule también el error cuadrático medio (MSE) entre  $f\_filter$  y  $f\_filter\_t$ .

Repita el ejercicio para varios valores de la anchura del filtro  $w$ , ¿qué observa? ¿Qué problemas puede acarrear el incremento de  $w$ ?

### ***Ejercicio 4a: Restauración de una imagen en ausencia de ruido***

Cargue el fichero `filteredI.mat`, para ello puede invocar al comando `load` de MatLab sin asignar la salida de `load` a ninguna variable. Se cargará la variable `Ifilt`, que contiene una imagen filtrada  $\theta(x,y)$  con un filtro  $H(u,v)$ .

Sea  $H(u,v)$  el filtro en frecuencia que se ha utilizado para conseguir `Ifilt`. El filtro ha sido definido por los comandos MatLab:

```
[rows,cols] = size(Ifilt);  
x = [0:1/(cols-1):1] - 1/2;  
y = [0:1/(rows-1):1] - 1/2;  
k = pi;  
ax = 30;  
ay = 10;  
[X,Y] = meshgrid(x,y);  
H = k.*(ax.*(X))+(ay.*(Y)) + 1e-10;  
H = (1./(H)).*sin(H).*exp(-j.*H);
```

**—Observe como se ha definido el retículo en esta ocasión, es una alternativa a la definición del retículo y posterior centrado realizado en el ejercicio 3a—.**

Obtenga y represente el módulo del filtro  $H(u,v)$  en frecuencia mediante la instrucción `imagesc` y la señal filtrada  $\theta(x,y)$  y la parte real de la señal recuperada  $\psi(x,y)$  asumiendo ausencia de ruido, ambas mediante `imshow`.