

# Procesamiento digital de imágenes

## Práctica 5: “Interpolación”

Gutiérrez Castillo, Oscar  
Joya Venegas, Jehosua Alan  
Nolasco Fuentes, Juan Carlos

### I. INTRODUCCIÓN

El problema de construir una función continua a partir de datos discretos es inevitable cuando estos datos deben ser manipulados de cierta manera que se necesita información no incluida explícitamente. Para resolver este problema, el esquema más utilizado es la interpolación que consiste en construir una función que aproxime de la manera más perfecta a la función original desconocida en los puntos de la medición.

La interpolación de imágenes es una opción muy importante usada en imagenología médica, procesamiento de imágenes y graficación por computadora. Existe una gran variedad de métodos de interpolación reportados en la literatura. La interpolación de imágenes es necesaria en una gran variedad de situaciones como las que se mencionan a continuación:

1. Representar imágenes o volúmenes a un nivel deseado de discretización modificando para ello la tasa de muestreo de los píxeles o voxels.
2. Cambiar la orientación de alguna rejilla de discretización.
3. Combinar la información sobre un mismo objeto desde múltiples modalidades en una sola imagen (fusión de imágenes). Por ejemplo, una resonancia magnética y una tomografía por emisiones de positrones.
4. Cambio de rejilla de discretización, por ejemplo, de polares rectangulares.

Probablemente el uso más común de la interpolación sea la mencionada en el punto número 1, donde por lo regular se desean analizar ciertos detalles de una imagen a una escala y otros detalles a una escala más fina (zoom).

Algunas transformaciones pueden involucrar un cambio de coordenadas, por ejemplos, la función de conversión de coordenadas polares, adquiridas a través de un transductor de ultrasonido, a coordenadas cartesianas necesario para la visualización de la imagen en un monitor. En general, casi cualquier transformación geométrica sobre una imagen o un volumen necesita que se efectúe una interpolación.

La calidad de la imagen o volumen obtenidos dependerá del proceso utilizado para realizar la interpolación, así como también del trabajo necesario para que una computadora lo ejecute en un tiempo razonable.

### II. DESARROLLO

Para todos los puntos siguientes y con la finalidad de poder observar el desempeño de los distintos interpoladores usar una imagen nítida de baja resolución. Se recomienda usar imágenes desde 128x128 hasta 256x256 píxeles como máximo y la imagen pentágona que se encuentra disponible en la sección de imágenes del curso.

1. Sobremuestreo espacial: Obtenga el sobre muestreo de la imagen original insertando ceros entre los píxeles de la misma con factores  $T \uparrow = 2 \times 2$  y  $T \uparrow = 4 \times 4$ .

```

image = imread('pentagon256x256.tif');
S_T2 = zeros(size(image,2)*2);

for x = 1:size(image,2)
    for y = 1:size(image,2)
        S_T2(2*x-1,2*y-1) = image(x,y);
    end
end

S_T4 = zeros(size(image,2)*4);

for x = 1:size(image,2)
    for y = 1:size(image,2)
        S_T4(4*x-3,4*y-3) = image(x,y);
    end
end

subplot(1,3,1),imshow(image,[]),title('Imagen original')
subplot(1,3,2),imshow(S_T2,[]),title('T = 2')
subplot(1,3,3),imshow(S_T4,[]),title('T = 4')

```

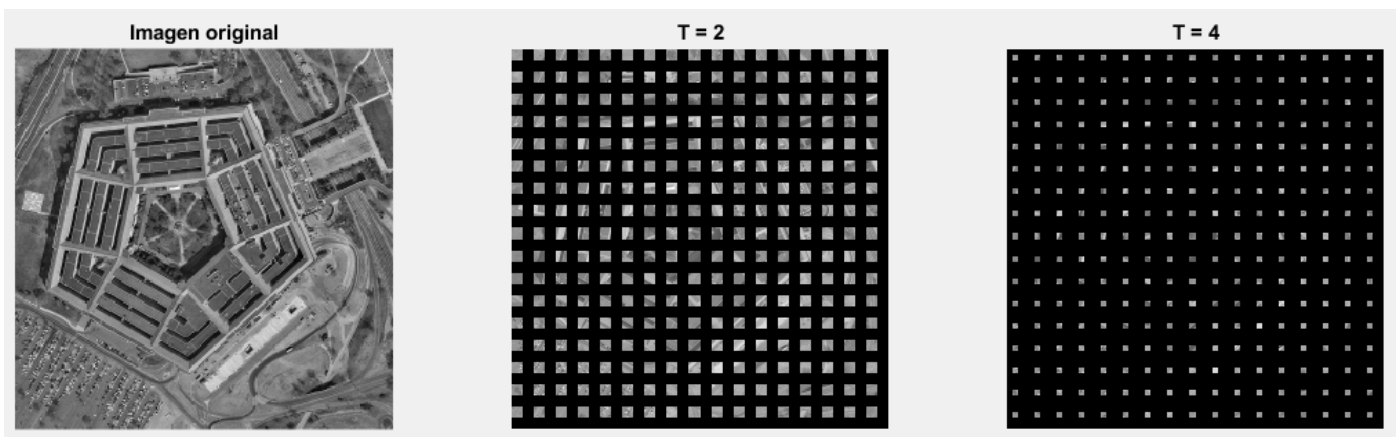


Figura 1: Sobremuestreo espacial

Interpretación:

A partir de la imagen original, generamos dos sobrepuestos con el objetivo de agregar espacio para poder interpolar.

- Obtenga la magnitud del espectro de la DFT (abs) de cada una de las imágenes
- sobremuestreadas y de la imagen original. Despliegue los resultados en una misma figura para efectos de comparación (en Matlab se puede usar el comando subplot). Recuerde usar fftshift para centrar los espectros y una función de escalamiento para el despliegue, ejemplo:  $\text{ImFDespliegue} = \log(1.0 + \text{ImF})$ , donde ImF es la DFT de la imagen con sobremuestreo.

```

subplot(1,3,1),imshow(fftshift(log(abs(fft2(image))))),[],title('Imagen original')
subplot(1,3,2),imshow(fftshift(log(abs(fft2(S_T2))))),[],title('T = 2')
subplot(1,3,3),imshow(fftshift(log(abs(fft2(S_T4))))),[],title('T = 4')

```

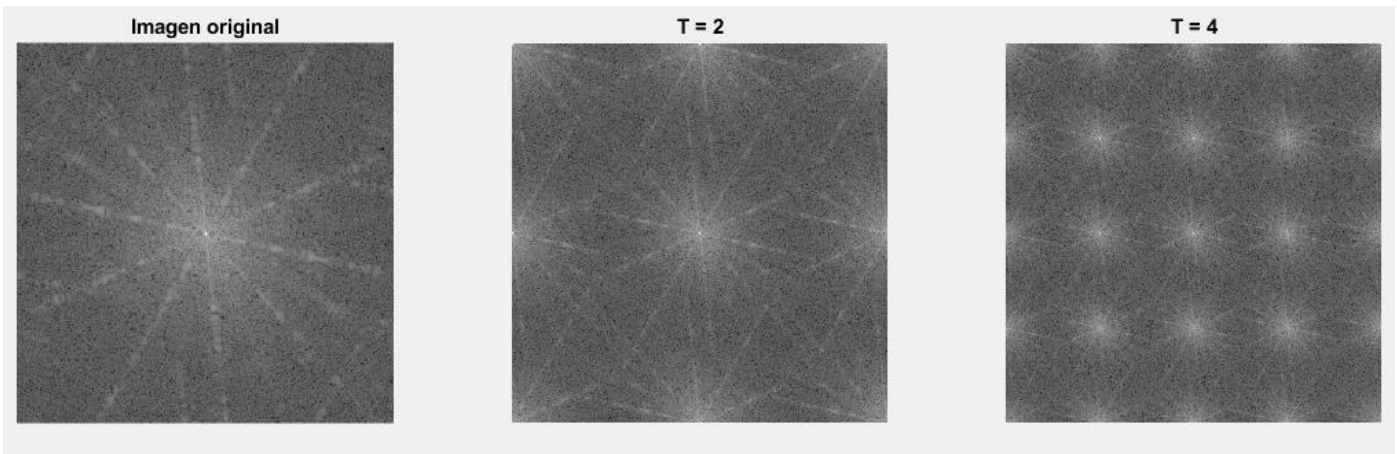


Figura 2: Sobremuestreo en frecuencia

Interpretación:

Cuando transformamos las imágenes a su espectro en frecuencia, observamos que la inserción de ceros en la imagen en su espectro original, genera en frecuencia imágenes 'aisladas'

- ¿Qué sucedería si se intercalaran ceros entre los valores del espectro de la DFT?  
Se generaría un resultado diferente, ya que en lugar de separar la imagen en subconjuntos, se pararíamos los elementos del espectro en frecuencia.

2. Interpolación espacial. Interpole las imágenes con sobremuestreo obtenidas en el inciso anterior (con factores  $T \uparrow = 2 \times 2$  y  $T \uparrow = 4 \times 4$ ) usando interpoladores:

- De orden cero

```
f_2 = ones(2);
f_4 = ones(4);
%Orden cero T=2:
temp = conv2(S_T2,f_2,'full');
Z_T2 = temp(1:size(S_T2,2),1:size(S_T2,2));
%Orden cero T=4:
temp = conv2(S_T4,f_4,'full');
Z_T4 = temp(1:size(S_T4,2),1:size(S_T4,2));
figure(),
subplot(1,2,1),imshow(Z_T2,[]),title('T = 2')
subplot(1,2,2),imshow(Z_T4,[]),title('T = 4')
```

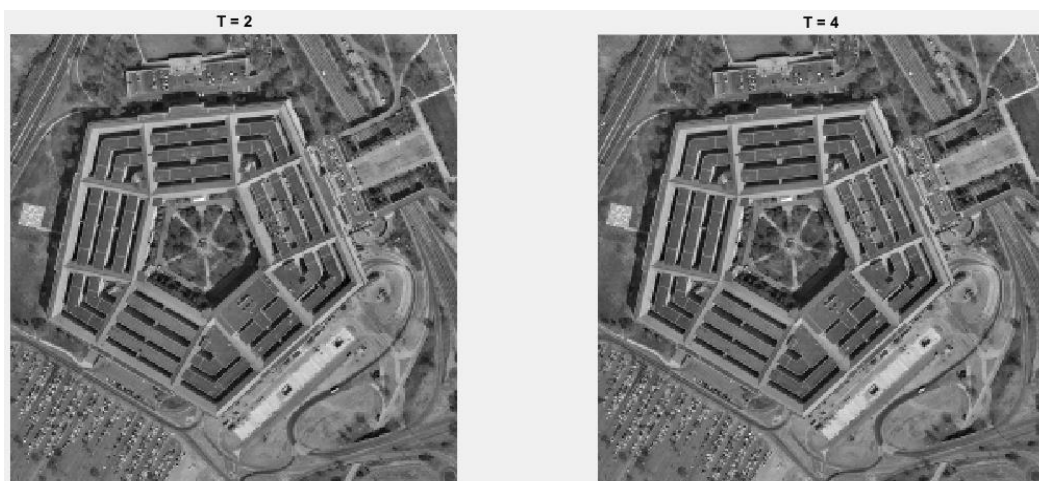


Figura 3: Orden cero

- Lineal

```
f_2 = [1/2 1 1/2]*[1/2 1 1/2];
f_4 = [1/4 1/2 3/4 1 3/4 1/2 1/4]*[1/4 1/2 3/4 1 3/4 1/2 1/4];
%Lineal para T=2
temp = conv2(S_T2,f_2,'full');
L_T2 = temp(1:size(S_T2,2),1:size(S_T2,2));
%Lineal para T=4
temp = conv2(S_T4,f_4,'full');
L_T4 = temp(1:size(S_T4,2),1:size(S_T4,2));
figure(),
subplot(1,2,1),imshow(L_T2,[]),title('T = 2')
subplot(1,2,2),imshow(L_T4,[]),title('T = 4')
```



Figura 4: Lineal

Interpretación de figura 3 y 4:

Observamos que la corrección, mediante interpolación, de las imágenes ayuda a reducir a aparición de píxeles, sin embargo se genera una atenuación en las imágenes debido a la ponderación que existe al calcular los píxeles intermedios

- Para cada caso y factor de interpolación despliegue con alguna función de acercamiento (zoom) una misma región seleccionada de las imágenes interpoladas. Compare y explique los resultados de los distintos interpoladores en una misma figura.

### Orden Cero

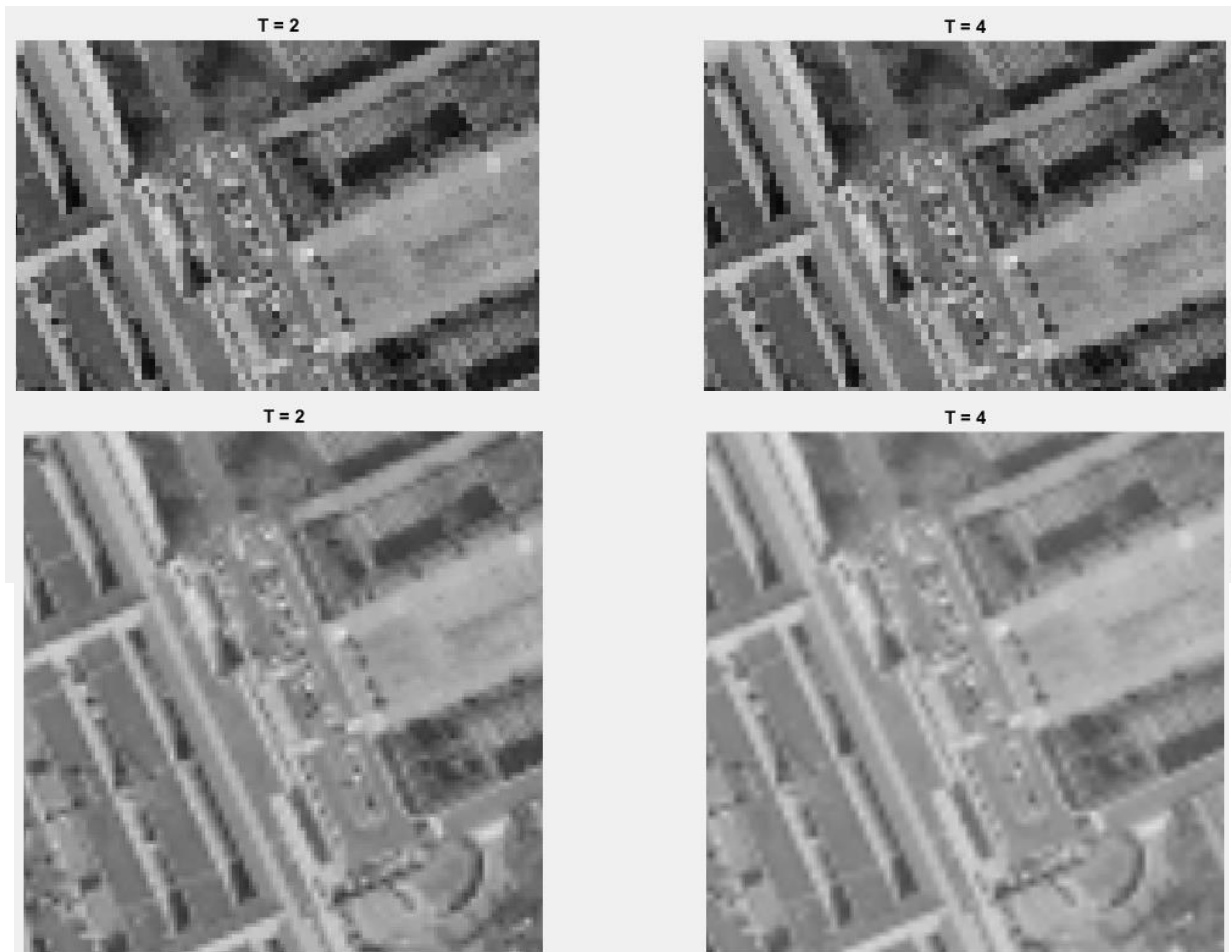


Figura 6: Lineal con zoom

#### Interpretación de imagen 5 y 6:

Del mismo modo como en la interpretación previa, se genera una atenuación debido a el cálculo ponderado de los píxeles intermedios. Sin embargo, en esta ocasión, existe tanto daño que es complicado no generar artefactos.

- Obtenga la magnitud del espectro de la DFT (abs) de cada una de las imágenes interpoladas. Despliegue los espectros en una misma figura para compararlos. Explique el efecto de los distintos tipos de interpolación en los espectros de las DFTs.

#### Orden Cero en frecuencia

```
figure(),
subplot(1,2,1),imshow(fftshift(log(abs(fft2(Z_T2))))),[],title('T = 2')
subplot(1,2,2),imshow(fftshift(log(abs(fft2(Z_T4))))),[],title('T = 4')
```



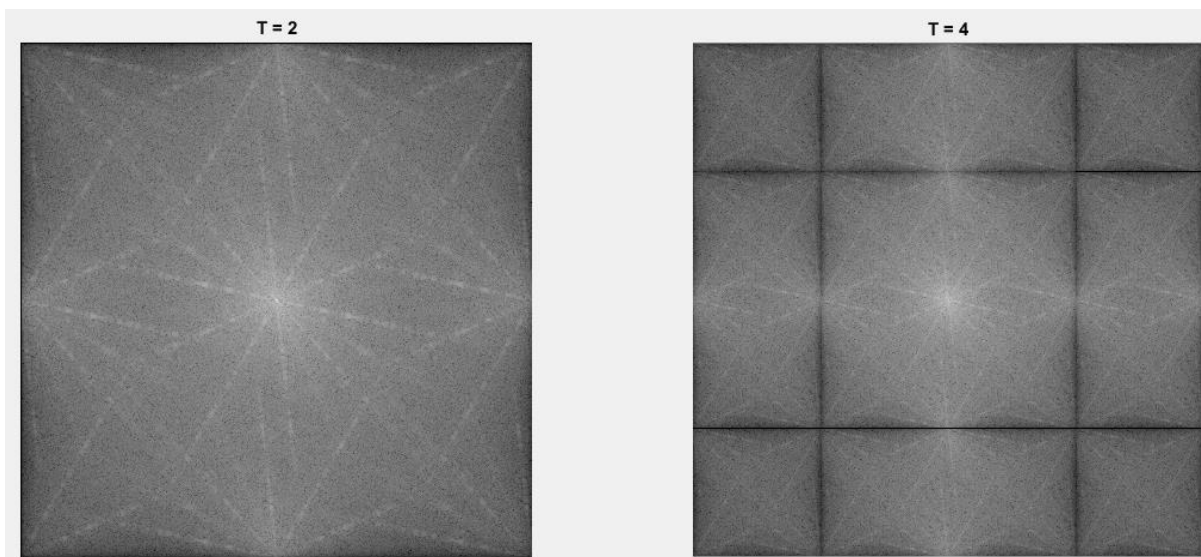


Figura 7: Orden cero en frecuencia

### Lineal

```
%En frecuencia
figure(),
subplot(1,2,1),imshow(fftshift(log(abs(fft2(L_T2))))),[],title('T = 2')
subplot(1,2,2),imshow(fftshift(log(abs(fft2(L_T4))))),[],title('T = 4')
```

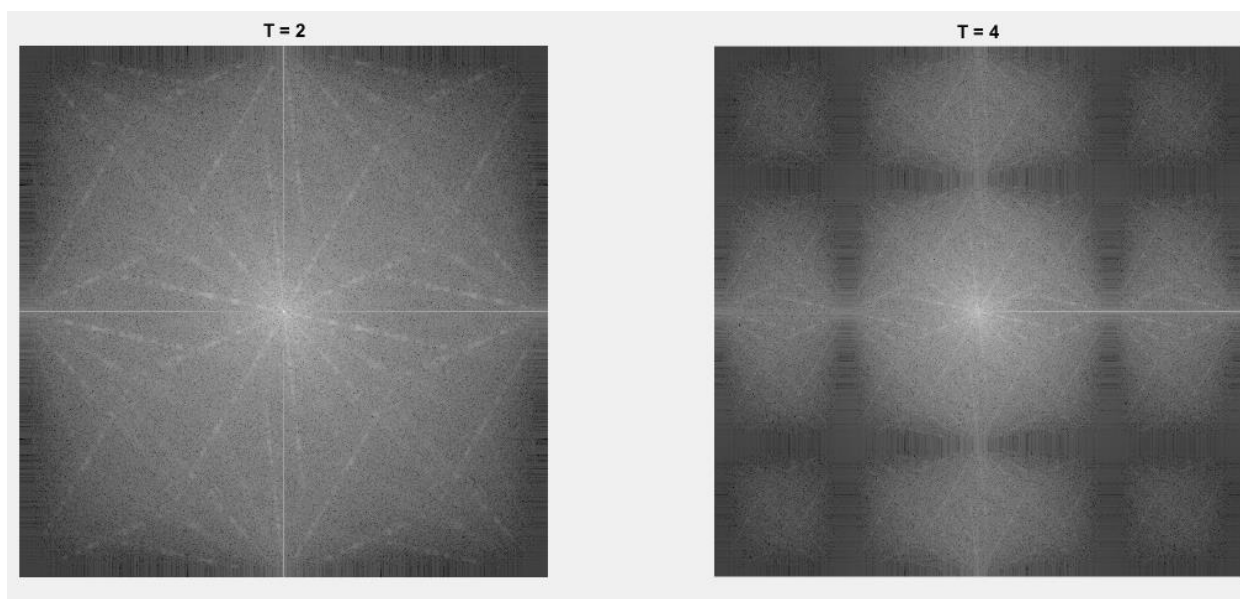


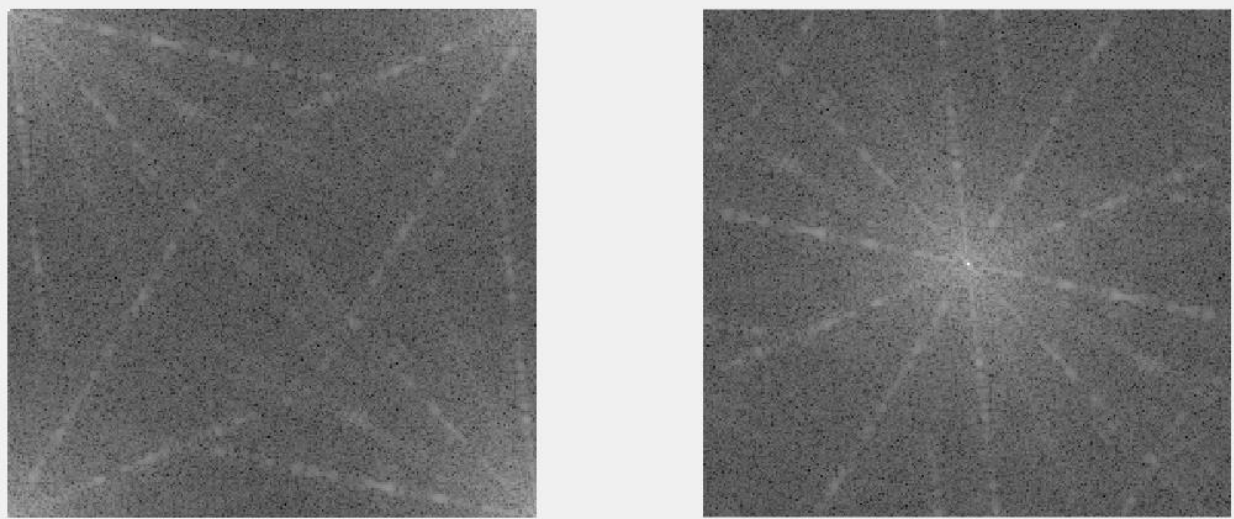
Figura 8: Lineal en frecuencia

### 3. Interpolación en frecuencia:

- Obtenga la DFT de la imagen original y despliegue su magnitud.

```
Interpolacion_frecuencia = fft2(image);
%Despliegue de espectros, centrado y no centrado.
figure('Name','DFT imagen original.'),
subplot(1,2,1),imshow(log(abs(Interpolacion_frecuencia))),[])
```

```
subplot(1,2,2),imshow(fftshift(log(abs(Interpolacion_frecuencia))),[])
```



*Figura 9: DFT imagen original (No centrada)*

Interpretación:

En este caso vemos la inserción de ceros dentro de los espectros de frecuencia en lugar de las imágenes, sin embargo, observamos diferencias en las franjas de ceros teniendo en la primer un ingreso de línea sólida y en la segunda un barrido degradado

- Centre el espectro de la DFT (fftshift) y agregue ceros alrededor del mismo hasta completar y obtener dos espectros cuyas dimensiones correspondan a las dimensiones de la imagen original multiplicadas por los factores de interpolación  $T \uparrow = 2 \times 2$  y  $T \uparrow = 4 \times 4$  respectivamente.

```
aux = fftshift(Interpolacion_frecuencia);
%Interpolacion en frecuencia con T=2:
I_freq_t2 = complex(zeros(size(image,2)*2));
I_freq_t2(size(image,2)/2+1:size(image,2)+size(image,2)/2,size(image,2)/2+1:size(image,2)+size(image,2)/2) = aux;
I_freq_t2_final = ifft2(I_freq_t2);

%Interpolación en frecuencia con T=4:
I_freq_t4 = complex(zeros(size(image,2)*4));
I_freq_t4(385:640,385:640) = aux;
I_freq_t4_final = ifft2(I_freq_t4);
```

- Despliegue las magnitudes de las DFTs (abs) con ceros alrededor. Use una función de escalamiento para el despliegue.

```
figure('Name','DFT con ceros alrededor. '),
subplot(1,2,1),imshow(log(abs(I_freq_t2)),[]),title('T=2')
subplot(1,2,2),imshow(log(abs(I_freq_t4)),[]),title('T=4')
```

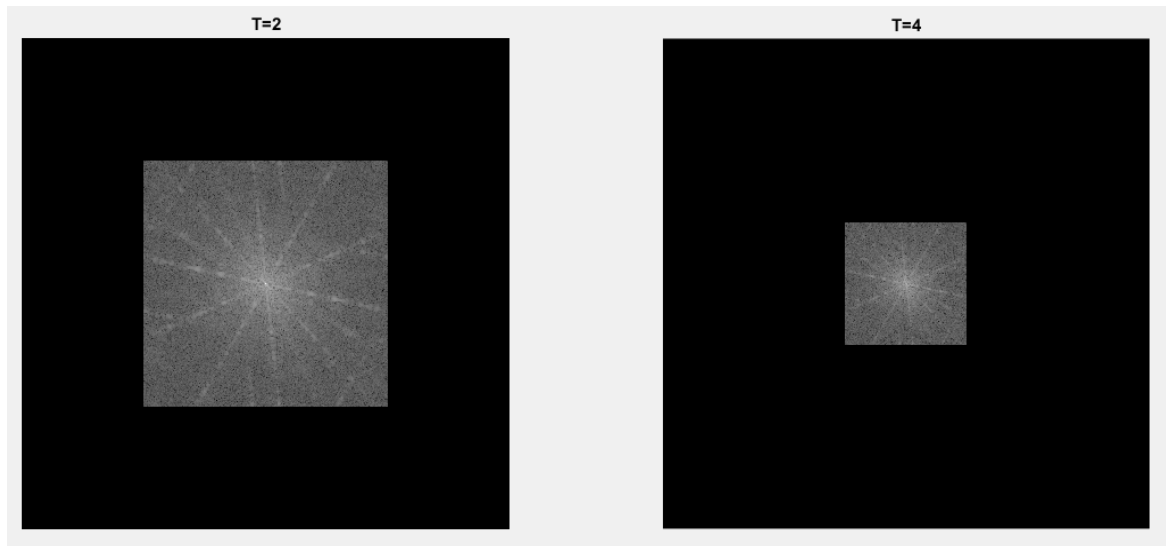


Figura 10: DFT Interpolacion en frecuencia

- Compare en una misma figura las magnitudes de las DFTs (abs) de las imágenes interpoladas en el punto 2 con la magnitudes de las DFTs (abs) con zeros alrededor. Explique los resultados y diferencias.

%Comparativa de las DFT T=2.

figure('Name','Comparando DFT cuando T=2.');

subplot(2,2,1),imshow(fftshift(log(abs(fft2(Z\_T2))))),[],title('DFT orden cero.')

subplot(2,2,2), imshow(log(abs(I\_freq\_t2))),[],title('Interpolación en frecuencia')

subplot(2,2,4), imshow(fftshift(log(abs(fft2(L\_T2))))),[],title('DFT lineal')

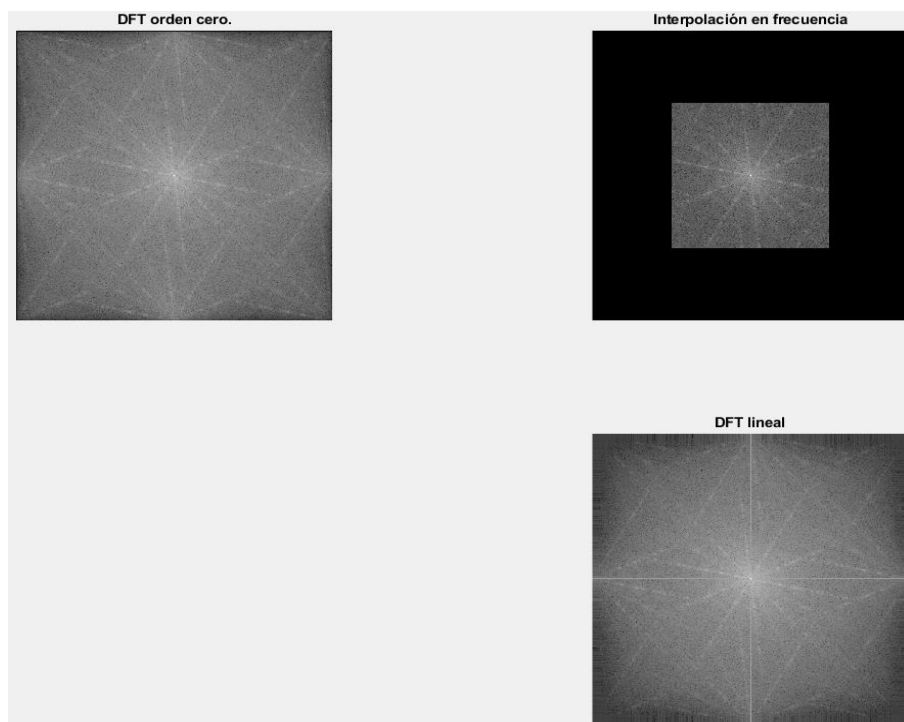


Figura 11: Varios DFT cuando T=2



%Comparativa de las DFT T=4.

```
figure('Name','Comparando DFT cuando T=4. '),
subplot(2,2,1),imshow(fftshift(log(abs(fft2(Z_T4))))),[],title('DFT orden cero.')
subplot(2,2,2),imshow(fftshift(log(abs(fft2(L_T4))))),[],title('DFT lineal')
subplot(2,2,4),imshow(log(abs(I_freq_t4))),[],title('Interpolación en frecuencia')
```

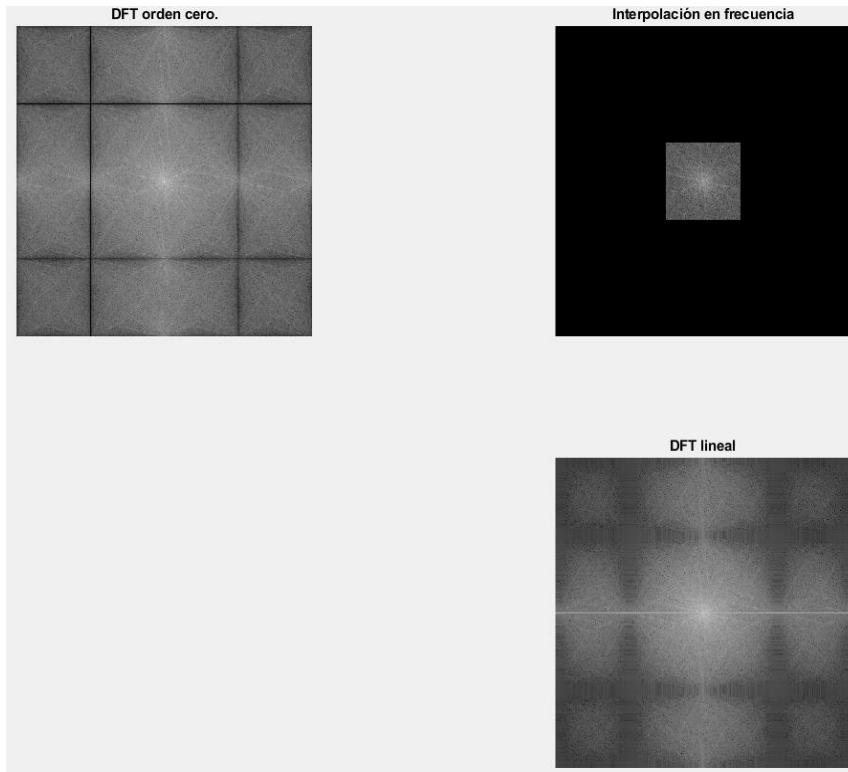


Figura 12: Varios DFT cuando T=4

- Calcule la inversa de la DFT (IDFT) de las DFTs con ceros alrededor.

%Interpolación en frecuencia

```
figure('Name','IDFT en frecuencia. '),
subplot(1,2,1),imshow(abs(I_freq_t2_final)),[],title('T = 2')
subplot(1,2,2),imshow(abs(I_freq_t4_final)),[],title('T = 4')
```



Figura 13: IDFT en frecuencia

4. Compare en una misma figura los resultados de las imágenes interpoladas que se obtuvieron con los cuatro métodos

```
figure('Name','Comparando interpolación T=2. '),
subplot(2,2,1),imshow(Z_T2,[]),title('Orden cero')
subplot(2,2,2),imshow(L_T2,[]),title('Lineal')
subplot(2,2,4),imshow(abs(I_freq_t2_final),[]),title('En frecuencia')
```

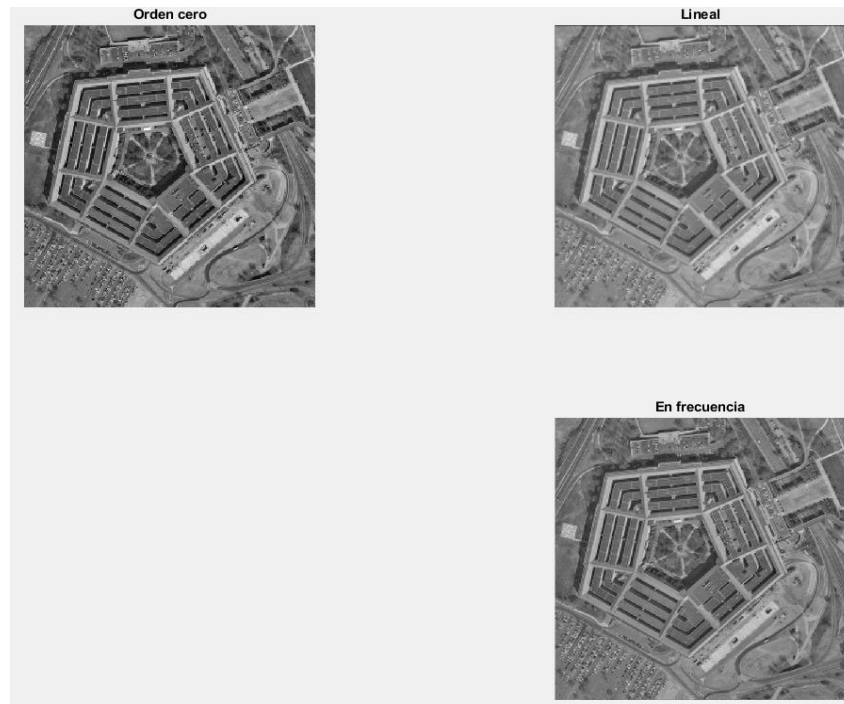
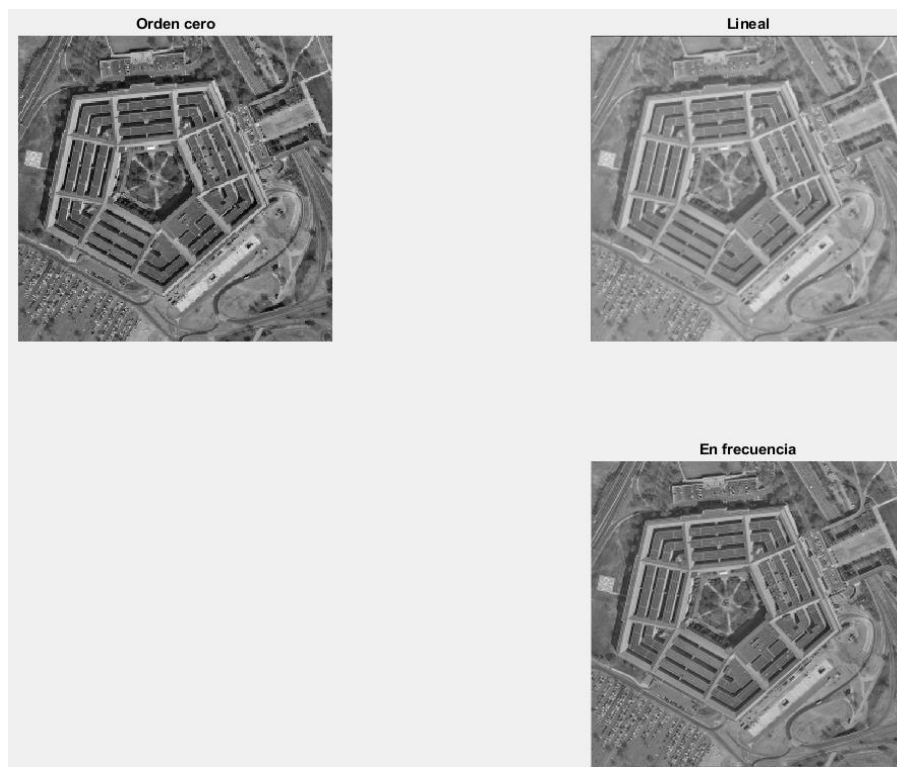


Figura 14: Comparacion de interpolaciones con T=2

```
figure('Name','Comparando interpolación T=4. '),
subplot(2,2,1),imshow(Z_T4,[]),title('Orden cero')
subplot(2,2,2),imshow(L_T4,[]),title('Lineal')
subplot(2,2,4),imshow(abs(I_freq_t4_final),[]),title('En frecuencia')
```



*Figura 15: Comparacion de interpolaciones con  $T=4$*

Interpretación de imagen 14 y 15:

Con los análisis resueltos, observamos mejores calidades de imágenes en el proceso de interpolación cuando el proceso de interpolación es realizado en el espectro de frecuencia, dejando una imagen más alzada en tonos y con una disminución de fragmentos permitiendo apreciar mejor la imagen.

### III. CONCLUSIÓN

Al desarrollar la practica nos encontramos el sobre muestreo el cual nos parece exhalante idea al tratar de hacer más grande una imagen aun que se ve más pixelada la imagen con respecto a la imagen original y al ver la frecuencia vemos como repetimos el patrón de la imagen original lo repetimos como mosaico. Después al hacer interpolación vemos que la imagen nos parece que se puede ver más cosas en la imagen, aunque real mente no y también podemos ver que en los tonos genera atenuación y aún más claros con el lineal, pero podemos ver que la frecuencia nos genera una frecuencia distinta y al aumentar la base esta va haciendo los mismos mosaicos, pero con relación a la base de  $2 \times 2$ . Y al ver diferentes interpolaciones ponemos a la imagen y nos da la sensación que la interpolación en frecuencia esta entre el filtro de orden cero y el lineal ya que este no se ve con mucha atenuación, pero nos da fluidez entre los diferentes colores de la imagen

### IV. REFERENCIAS

- E.Meijeringa, A Chronology of Interpolation: From ancient Astronomy to Modern Signal and Image Processing, Proceedings of the IEEE, Vol 90, No. 3, 2002.
- E. Maeland, On the Comparison of Interpolation Methods, IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol 1, No 3, 1998.
- B. Escalante, Procesamiento Digital Imagenes: Práctica 5 "Interpolación".