

# IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales

## Laboratorio 4 - Guía de laboratorio

### Primer Semestre 2018

Martes, 5 de junio del 2018

- **Horario 08M2**
- Duración: 20 minutos.
- Mostrar claramente su procedimiento en cada pregunta. Justificar adecuadamente sus respuestas.
- Sólo está permitido el uso de calculadora científica no programable y tabla de transformadas.
- La evaluación es **estrictamente** personal.

1. (4 puntos) Un grupo de científicos encuentra experimentalmente que la concentración de neblina en una imagen guarda una relación de proporcionalidad con la diferencia entre la *saturación* y la *intensidad* del brillo de la misma. Antes de publicar sus resultados, le solicitan reproducir y verificar el experimento, empleando para ello la imagen **'tree.png'**<sup>1</sup>.
  - a. Cargar la imagen mediante el comando `load`, y transformarla a escala de grises normalizada empleando el comando `rgb2gray()`. Utilizar las funciones `histeq()` y `imadjust()` (considerar una transformación gamma de factor  $\gamma = 2$ ) para mejorar el contraste de la imagen en escala de grises. Graficar la imagen original y los resultados de cada transformación, así como sus respectivos histogramas (debe obtener un resultado similar al de la Figura 1.). ¿Qué transformación permite una mejor observación del contenido afectado por la neblina? ¿Alguna de ellas logra remover su efecto por completo? Justificar claramente su respuesta en los comentarios.
  - b. Transformar la imagen del espacio de colores **RGB** al espacio **HSV**<sup>2</sup>, cuya relación de transformación con el modelo RGB se describe mediante las ecuaciones:

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{0,5[(R - G) + (R - B)]}{(R - G)^2 + (R - B)(G \cdot B)^{1/2}} \right\}$$
$$H = \begin{cases} \theta & \text{si } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{si } B > G \end{cases}$$
$$S = 1 - \frac{1}{R + G + B} [\min(R, G, B)]$$
$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

Aplicar a la capa V las mismas transformaciones que en el apartado 1a, y graficar el resultado reconstruyendo la imagen **HSV** con la capa transformada.

---

<sup>1</sup>La imagen esta almacenada en la carpeta 'laboratorio/lab04/08M2/guia/'.

<sup>2</sup>Modelo de color alternativo al **RGB**, cuyas siglas corresponden a Hue, Saturation, Brightness ( Matiz, Saturación y Brillo respectivamente)

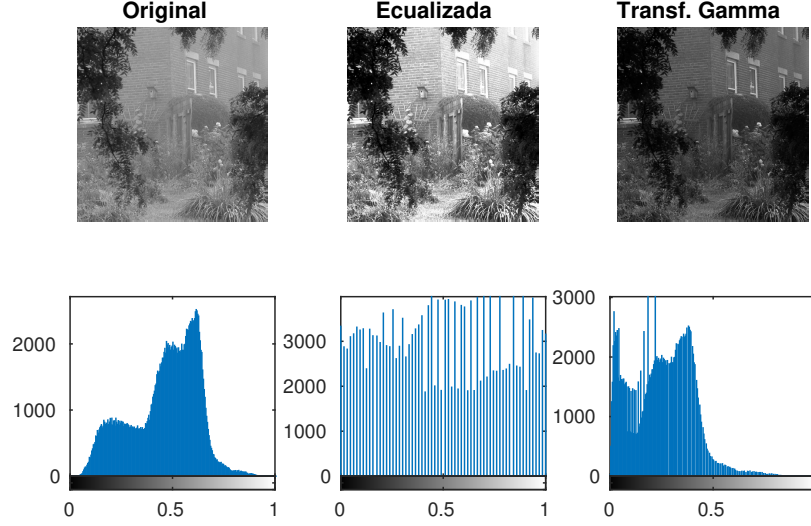


Figura 1: Distintas transformaciones de mejora de contraste.

- c. Considerando que un filtro promedio de orden  $N \times N$  está dado por la expresión:

$$\frac{1}{N^2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Generar las matrices correspondientes a filtros promedio de tamaño  $3 \times 3$  y  $9 \times 9$ , y emplearlos para suavizar los bordes en la capa V utilizando la función `conv2()`<sup>3</sup>. Graficar la imagen resultante. ¿Que efecto tiene el tamaño del filtro en el resultado?

- d. Para el caso del filtro de orden 9, repetir el proceso de filtrado utilizando producto en frecuencia. Para ello, calcular la DFT 2D de la imagen y el filtro considerando el mínimo número de muestras necesario para evitar aliasing. Graficar el espectro de magnitud y fase antes y después de realizar el filtrado (debe obtener un resultado semejante al mostrado en la Figura 2). Por último, calcular la DFT 2D inversa del producto en frecuencia, y verificar que coincide con la imagen obtenida en c. estimando su diferencia mediante la distancia euclidiana, cuya expresión está dad por:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}$$

donde  $x$  e  $y$  corresponden a las imágenes a comparar. Emplear el comando `norm()` para el cálculo de la distancia.

*Rutinas a emplear:* `fft2()`, `fftshift()`, `unwrap()`, `abs()`, `angle()`, `log10()`, `imagesc()`

- e. De forma análoga al apartado 1c, aplicar en espacio de muestras un filtro promedio de tamaño  $9 \times 9$  a la capa  $S(x, y)$  de la imagen (comando `conv2()`). Calcular la diferencia  $D(x, y) = V_f(x, y) - S_f(x, y)$ , donde  $S_f(x, y)$  es la capa S filtrada, y  $V_f(x, y)$  es el resultado obtenido en 1c tras filtrar la capa V. Graficar la imagen diferencia generada, y utilice la

<sup>3</sup>Obtener el resultado completo del filtrado (bandera 'full')

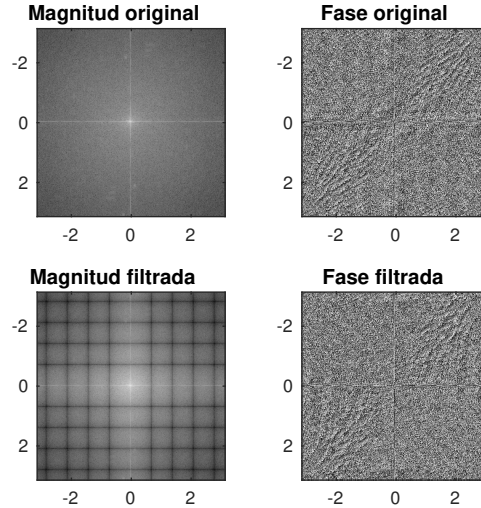


Figura 2: Filtrado mediante producto en frecuencia

herramienta **Data cursor** para analizar el rango de valores de intensidad en las regiones afectadas por neblina y aquellas que no lo son. ¿Se verifica la afirmación postulada por el equipo de científicos? Explicar claramente.

2. (2.5 puntos) Se tiene una imagen distorsionada '**distorted.jpg**'<sup>4</sup> la cual ha sido obtenida transformando la imagen de referencia '**orig.jpg**'<sup>4</sup> mediante una rotación de factor desconocido, seguida de un shear horizontal de valor conocido. Se le pide lo siguiente:
  - a. Cargar la imagen distorsionada y realizar un shear horizontal de factor -0.7, considerando para ello la siguiente transformación de coordenadas:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -0,7 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \\ 1 \end{bmatrix}$$

donde las coordenadas  $(v, w)$  corresponden a la imagen original (distorsionada), y  $(x, y)$  corresponden a la imagen tras la transformación (recuperada). Realizar la transformación empleando las funciones `imtransform()` y `maketform()`<sup>5</sup>, y considerando interpolación bilineal. Graficar la imagen original y la imagen tras la transformación. ¿A qué se debe el cambio de dimensión en la imagen resultante?

- b. Para hallar el factor de rotación de la imagen, primero es necesario remover el 'padding' generado por la transformación anterior. Para ello, realizar la suma de cada columna de la imagen obtenida en 2a y almacene el resultado en un vector, el cual deberá graficar (ver Figura 3). Determinar el rango de coordenadas horizontales donde se encuentra la imagen de interés (puede hacerlo inspeccionando la gráfica con el **data cursor** o mediante código), y generar una nueva imagen  $I_r$  que contenga solo la región de interés (sin las columnas de 'padding'). Graficar la imagen obtenida.
  - c. Para hallar el ángulo de rotación, cargar la imagen original '**orig.jpg**' y utilizar las funciones `imregtform()` e `imregtconfig()` (considerando una sola moda) para recuperar

<sup>4</sup>La imagen esta almacenada en la carpeta 'laboratorio/lab04/08M2/guia/'.

<sup>5</sup>Tener en cuenta que la función `maketform()` considera un modelo de transformación con vectores fila, por lo que es necesario transponer la matriz de transformación antes de ingresarla a la función.

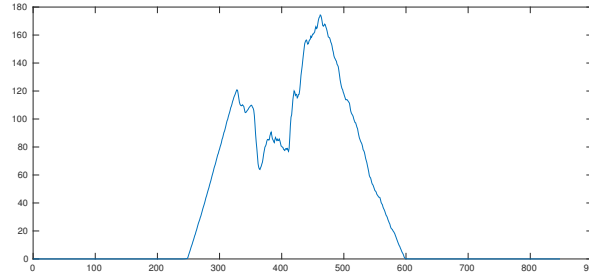


Figura 3: Suma de columnas de imagen con padding. Deberá utilizar el `Data cursor` para hallar el rango donde la curva tiene valores distintos de 0, el cual corresponderá al rango horizontal de la imagen sin padding.

la matriz de transformación que la relaciona con la imagen  $I_r$  rotada obtenida en 2b. Tomando en cuenta que una matriz de rotación posee la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

estimar analíticamente el ángulo de rotación  $\theta$  y recuperar la imagen original rotando en sentido contrario ( $-\theta$ ) la imagen  $I_r$  obtenida en 2b con la función `imrotate()`. Realizar la rotación empleando interpolación de vecinos más cercanos y bilineal, y graficar el resultado obtenido en ambos casos. ¿En que caso se preservan mejor los bordes en la imagen? Explicar claramente.

3. (3.5 puntos) Se desea estudiar la segmentación de imágenes a partir de sus propiedades frecuenciales. Para ello, se le pide lo siguiente

- a. Generar la máscara de derivación horizontal de Sobel, dada por:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Calcular la DFT 2D del filtro considerando  $N = M = 128$  muestras en ambas dimensiones, y graficar su espectro de magnitud y fase. ¿De qué tipo de filtro se trata? Explique claramente. *Rutinas a emplear:* `fft2()`, `fftshift()`, `unwrap()`, `abs()`, `angle()`, `log10()`, `imagesc()`

- b. Cargar ahora las imagen `'cam.jpg'`, `'camn1.jpg'` y `'camn2.jpg'`<sup>6</sup> (las dos últimas contaminadas con ruido gaussiano de media  $\mu = 0$  y varianzas  $\sigma_1^2 = 0,02$  y  $\sigma_2^2 = 0,2$ , respectivamente) y transformarlas a escala de grises normalizada (comando `rgb2gray()`). Calcular las derivadas horizontales y verticales ( $I_x$  e  $I_y$ , respectivamente) para cada imagen en base al filtro espacial generado en 3a<sup>7</sup>. ¿Cómo varía la sensibilidad de las derivadas respecto al nivel de ruido? Explicar claramente e incluir en comentarios.

<sup>6</sup>Las imagenes estan almacenadas en la carpeta `'laboratorio/lab04/08M2/guia/'`.

<sup>7</sup>Recordar que la máscara de derivación vertical corresponde a la transpuesta de la máscara de derivación horizontal.

- c. Graficar la magnitud y fase del gradiente de la imagen sin ruido de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$|\nabla I| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2}$$

$$\angle(\nabla I) = \arctan\left(\frac{I_y}{I_x}\right)$$

*Rutinas a emplear:* `sqrt()`, `atan2()` Graficar ambos resultados. Luego, realizar la siguiente transformación de intensity-level slicing sobre la magnitud del gradiente:

$$T\{|\nabla I|\} = \begin{cases} |\nabla I|/5 & \text{si } |\nabla I| < 0,1 \\ |\nabla I|/2 & \text{si } |\nabla I| \geq 0,1 \end{cases}$$

Generar el histograma de la imagen resultante empleando 100 bins, y hallar un valor umbral apropiado mediante inspección visual del mismo, y realizar la umbralización de la imagen empleando índices. Graficar el resultado obtenido.

- d. Utilizar la función **fspecial()** para generar un filtro pasabajos gaussiano de tamaño  $5 \times 5$ , media 0 y varianza 1. Emplear el método Highboost filtering, definido en espacio de muestras del siguiente modo:

$$g(x, y) = f(x, y) + k(f(x, y) - h_{LP}(x, y) * f(x, y))$$

donde  $h_{LP}(x, y)$  corresponde al filtro generado, y  $f(x, y)$  a la imagen sin ruido empleada en 3b. Calcular  $g(x, y)$  realizando la convolución mediante el comando **conv2()**, considerando valores  $k = [2, 5, 7]$ . Graficar la imagen original y los tres resultados en una misma figura. ¿Qué efecto observa en los bordes del resultado conforme aumenta el valor de  $k$ ?

- e. Emplear el filtro diseñado en 3d para generar un filtro pasaaltos gaussiano, y filtrar con éste la imagen original, graficando el resultado en espacio de muestras. Comparar los espectros de magnitud y fase del resultado obtenido respecto del que obtuvo al realizar el filtrado Highboost. ¿Observa alguna diferencia en altas o bajas frecuencias? Explicar claramente su respuesta en los comentarios.

*Rutinas a emplear:* `fft2()`, `fftshift()`, `unwrap()`, `abs()`, `angle()`, `log10()`, `imagesc()`