

# Estimulo visual para observar la MTF del ojo humano

Ing. Luis Andrés R. González

**Resumen** – El ojo humano es el sistema formador de imágenes más importante que se conoce. La función principal de este sistema es captar la luz y enviarla a la retina, para formar una imagen en su superficie, se ha demostrado que la sensibilidad al contraste es una medida muy sensible a la degradación óptica de la imagen retiniana y que la agudeza visual de bajo contraste detecta pequeños cambios de la visión en condiciones de baja iluminación.

**Palabras Clave** – Visión, retina, sensibilidad

**Abstract** – The human eye is the most important imaging system known. The main function of this system is to capture light and send it to the retina, to form an image on its surface, it has been shown that contrast sensitivity is a very sensitive measure to the optical degradation of the retinal image and that visual acuity low contrast detects small changes in vision in low light conditions.

**Keys Word** – Vision, retina, sensitivity.

## I. INTRODUCCIÓN

Los métodos de doble y la MTF del ojo humano se han determinado por medio de métodos indirectos, basados en determinaciones subjetivas, Campbell y Gubisch compararon estas determinaciones subjetivas con las medidas obtenidas por el método del doble paso, mostrando un buen acuerdo entre ambos tipos de datos.

Campbell y Robson sugieren que el mundo visual es disgregado en la corteza visual en componentes separados de frecuencia espacial mediante el análisis de Fourier, y esta información es procesada por canales diferentes en la corteza visual.

## II. DESARROLLO

Las redes de ondas sinusoidales son repetitivas barras luminosas y oscuras cuyos perfiles de luminancia tienen la forma de la función matemática seno. El contraste de Michelson se define como:

$$\text{Contraste de Michelson} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

y generalmente se usa en el cálculo del contraste de las redes sinusoidales.  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$  son las luminancias de las regiones luminosas y oscuras de las redes respectivamente. El contraste de Michelson es una cantidad sin unidades, variado entre 0 y 1 o 0% y 100%. Un par de barras claras y oscura forma un ciclo. También se denomina periodo espacial de la red, y es la distancia entre dos máximos o mínimos en el perfil de luminancia (Figura 1). La frecuencia espacial es el número de periodos o ciclos completos de alternancias luminosas por grado de ángulo visual y se mide en ciclos/grado (c/g).

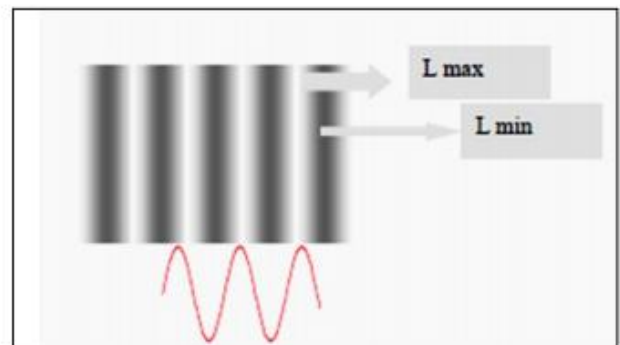


Figura 1. Modelo de red sinusoidal

### **Función de sensibilidad al contraste (CSF)**

La función de la sensibilidad al contraste (CSF) representa la medida psicofísica de la sensibilidad del sistema visual a los cambios de luminancia espacial para la detección de distribuciones sinusoidales. La CSF es análoga, en cierto modo, a la MTF de un sistema óptico, pero, en el caso del sistema visual, la CSF incluye además el procesamiento neuronal de la señal. Ambos factores ópticos y neuronales contribuyen a una CSF normal, siendo los factores ópticos la

mayor limitación para la visión central. Campbell y Robson dieron el nombre de función de sensibilidad al contraste o CSF a la representación de la inversa del contraste umbral de distribuciones sinusoidales en función de la frecuencia espacial de la sinusoide. Una curva de sensibilidad al contraste a través de un rango de frecuencias espaciales da la función de sensibilidad al contraste.

$$CSF_{SV} = MTF_{ojo} \cdot CSF_{RC}$$

Donde, CSFsv es la función de sensibilidad al contraste del sistema visual, MTFojo es la función de transferencia de modulación del ojo y CSFrc es la componente retinoneural de la función de sensibilidad al contraste del sistema visual.

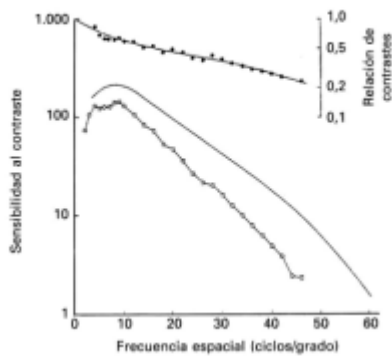


Figura 2. MTF del ojo calculada

### Ejercicio

Simular el siguiente algoritmo (Programado en R):

$$f(x) = \left(\frac{2x}{e^x}\right)^2, \text{ si } x \geq 0$$

Primero se simula por aceptación rechazo, donde la densidad auxiliar sea:  $g(x)=e^x$

```
c_opt = optimize(f=function(x) {(2*x/exp(x))^2/dexp(x,1)}, maximum=TRUE, interval=c(0,4))
c.opt <- c_opt$objective
c.opt
```

```
lambda.opt <- 1
ngen <- 0
```

```
rnormAR <- function() {
  # Simulacion por aceptacion-rechazo
```

```
while (TRUE) {
  U <- runif(1)
  X <- rexp(1)
  ngen <- ngen+1

  if (c.opt * U * dexp(X, lambda.opt) <
      = (2*X/exp(X))^2) return(X)
}

rnormARn <- function(n=1000) {
  # Simulacion n valores N(0,1)

  x <- numeric(n)

  for(i in 1:n) x[i]<-rnormAR()

  return(x)
}

# Grafico
curve(c.opt * dexp(x), xlim = c(0, 4), lty = 2, col="green")
curve((2*x/exp(x))^2, add = TRUE)
```

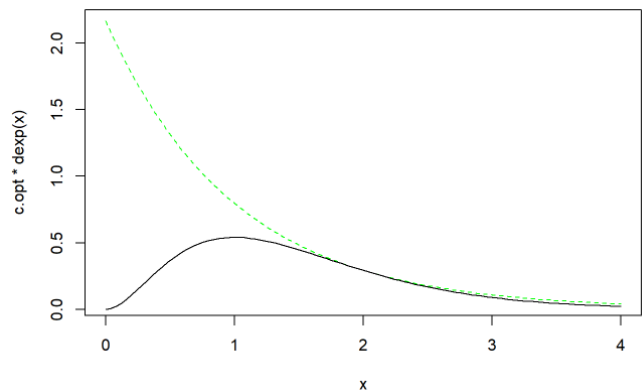


Figura 3

```
system.time(x <- rnormARn(10^4))
hist(x, breaks="FD", freq=FALSE)
curve((2*x/exp(x))^2, add=TRUE, col="red")
```

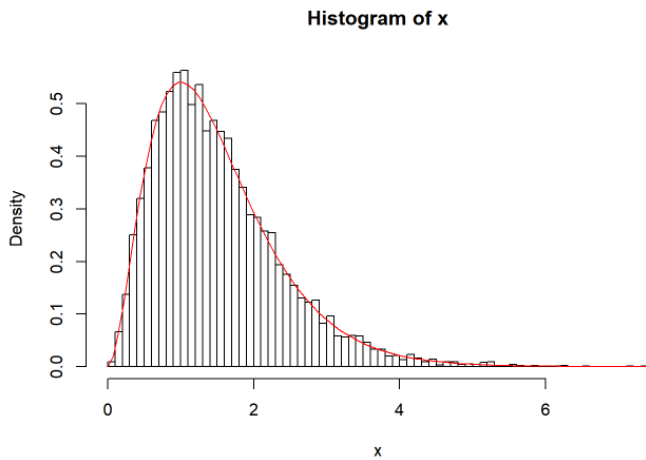


Figura 4. Vista de Función Senoidal antes de agregar tonos grises

#### Representación de la función Seno en Python

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

def seno(z):
    return np.sin(z)

a=0 #Comienzo de la función
b=2*np.pi
espaciamiento=float(input("Ingrese el espaciamiento de intervalos: "));
sz=[512,512]

x=np.linspace(a,b,int(360/espaciamiento+1)) #van a ser 13 puntos para lograr 12
y=np.linspace(a,b,1000)
f=seno(x)
j=seno(y)
[x,y]=np.linspace(1,5,sz(2)),np.linspace(0,1,sz(1));

plt.plot(y,j)
#plt.plot(x,f)
plt.plot(x,f,"o")
plt.grid(True)
plt.show()
```

Figura 5. Código de programación para la creación de una función seno

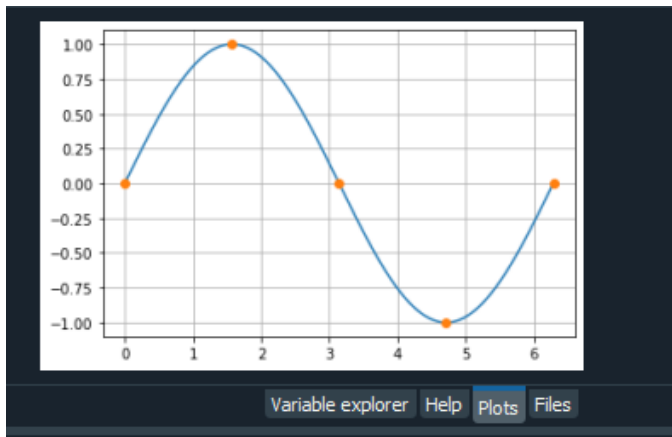


Figura 6. Gráfica de la función Seno

Una vez que se tiene la función del seno graficada, se procede a la creación de las líneas que van debajo de la curva para la representación de las líneas que forman la función de sensibilidad

```
sz=[512,512];
[x,y]=meshgrid(linspace(1,5,sz(2)),linspace(0,1,sz(1)));

img=sin(exp(x)).*(y^3);
img=(img+1)*128;

figure(1)
clf
image(img);
colormap(gray(256));
```

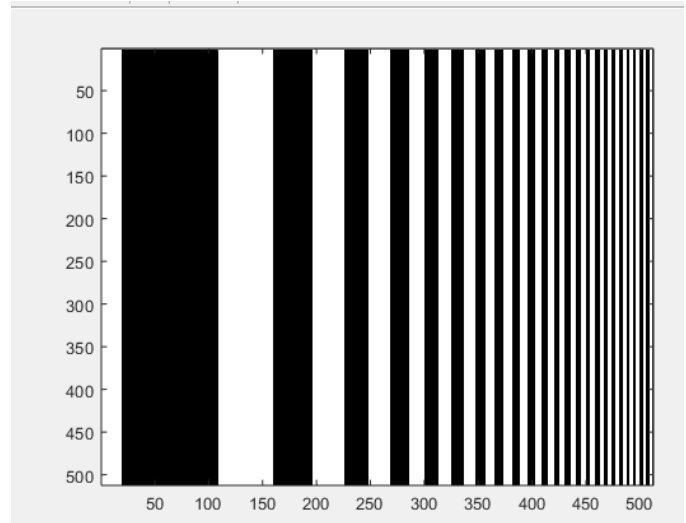


Figura 7. Creación de las líneas para la creación de la función de sensibilidad

Para luego proceder a la creación en escalas de grises a toda la función para la creación del efecto de la desaparición de las líneas

```
x=linspace(0,1.0,512);
y=linspace(0,1.0,512);
%[x,y]=meshgrid(x,y);
fxy=exp(-10*y).*sin(exp(x));
%surf(fxy)
colormap(gray(256));
imagesc(fxy);
set(gcf,'units','normalized','outerposition',[0 0 1 1]);
```

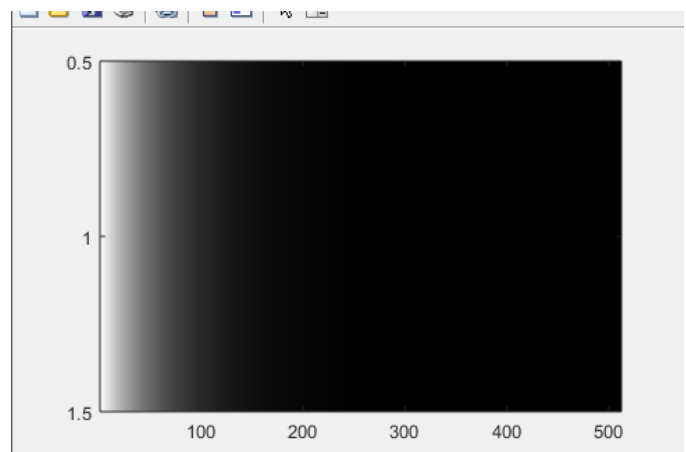


Figura 8. Escala de grises para la creación del efecto de la función de seno a función de sensibilidad

## Creación de un díselo de CSF a través de Java

```
public class Panel extends JPanel {
    @Override
    public void paint(Graphics g) {
        Graphics2D g2d = (Graphics2D) g;
        float alpha;
        int x = 0;
        for (alpha = 1f; alpha > 0f; alpha -= 0.1f) {
            g2d.fillOval(x, 100, 100, 100);
            AlphaComposite ac = AlphaComposite.getInstance(AlphaComposite.SRC_OVER, alpha);
            g2d.setComposite(ac);
            x += 50;
        }
    }
}
```

Figura 9. Código para la creación de un CSF



Figura 10. Resultado de una CSF a través de Java

La sensibilidad al contraste, al igual que el contraste, es un número adimensional que varía desde 1 hasta un valor elevado que depende de las condiciones del estímulo. Cuando el contraste de una red sinusoidal es cero ( $L_{max}$  es igual a  $L_{min}$ ), no se puede ver ninguna red. Cuando el contraste se aumenta gradualmente, como sucede de arriba abajo como en la figura 5, un patrón de luz y oscuridad emerge como umbral de contraste. En esta figura, el contraste al cual el patrón empieza a ser visible varía a medida que la frecuencia espacial aumenta de izquierda a derecha. Los puntos más elevados en la figura, a los cuales las franjas pueden ser detectadas, son umbrales de contraste para cada frecuencia. Además, esta figura permite apreciar la forma general de U invertida de la función de sensibilidad al contraste espacial (CSF) humana.

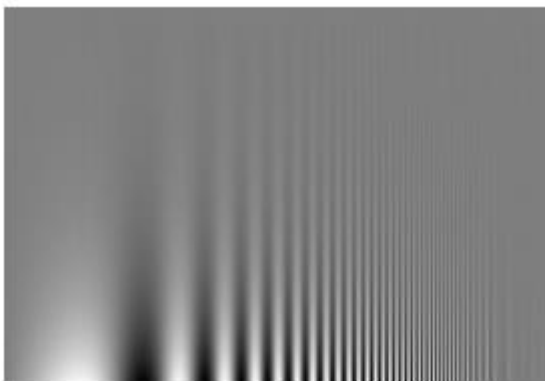


Figura 11. Patrón de contraste diseñado para demostrar la forma de la CSF espacial humana

## VI. CONCLUSIÓN

En general, la forma de la función de sensibilidad al contraste espacial humana en condiciones fotópicas es la de una función de paso de banda que asigna valores máximos de sensibilidad al contraste a frecuencias intermedias en 4 y 8 c/g. por otra parte, se produce un descenso gradual de la sensibilidad al contraste en las frecuencias bajas y una disminución más rápida en las frecuencias altas.

## REFERENCE.

- [1] Juan A Martinez Roda, Normalización de los resultados de calidad óptica ocular proporcionados por OQAS, 2010-01-27, Universidad Politécnica de Catalunya.
- [2] Ivan Solórzano & Genesis Moreno, Simulación de Variables Continuas y Discretas, [https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/495758\\_9bb9c2ebe03948d497844fc2462c4d13.html](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/495758_9bb9c2ebe03948d497844fc2462c4d13.html), Última fecha de Consulta: 12-10-2020, fecha de publicación: 02-05-2020