

# SENSIBILIDAD DEL SISTEMA VISUAL HUMANO AL DESENFQUE

E. Colombo\*, H. Rabal \*\*, C. F. Kirschbaum, M. Jaen

Laboratorio de Luminotecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, 4000 Tucumán  
 Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp) Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, CC 124, 1900, La Plata

El trabajo propone una correlación entre la evaluación de la NITIDEZ (Definición de Bordes) de palabras desenfocadas y el estímulo físico.

Los estímulos fueron positivos de fotografías de la palabra "río" obtenidos con distintos grados de desenfoque.

El perfil de los bordes fue registrado por un grupo de siete observadores (20 a 30 años de edad) de acuerdo a una escala de 7 puntos que va desde 3 (alto desenfoque) hasta 10 (buen enfoque).

Se encontró que el parámetro perceptual NITIDEZ (N) -respuesta sensorial- y el máximo valor de la primera derivada del perfil del borde (MDF) -estímulo físico- están relacionados por una ecuación característica de la comprensión sensorial supraumbral:

$$N = [A / (1 + B.MFD^C)] + D$$

donde A, B, C y D son parámetros.

La curva de nitidez en función de la pendiente máxima permite la descripción de la Sensibilidad del sistema visual al desenfoque, observándose amplia tolerancia en las zonas extremas mientras en las zonas intermedias (N aproximadamente igual 6) el sistema visual muestra un alto grado de discriminación.

## OBJETIVOS

La visibilidad de una tarea visual se caracteriza tradicionalmente mediante cuatro parámetros: CONTRASTE, TAMAÑO, TIEMPO DE EXPOSICION Y LUMINANCIA DE ADAPTACION<sup>1</sup>.

En trabajos anteriores<sup>2,3</sup> se propone un parámetro físico adicional: la definición del borde del objeto visual, cuyo correlato perceptual es la NITIDEZ.

En el presente trabajo se busca una correlación entre la percepción de la definición del borde -NITIDEZ- de las letras en fotos desenfocadas y el parámetro físico que caracteriza el estímulo.

ESTIMULO Definición de bordes — Pendiente del flanco  
 SENSIBILIDAD AL DESENFQUE

RESPUESTA SENSORIAL Evaluación de la definición de bordes — NITIDEZ

## PERFILES PARA DISTINTOS DESENFQUES

Los perfiles fueron obtenidos barriendo la letra "i", en muestras fotográficas con distinto grado de desenfoque, con un microdensitómetro.

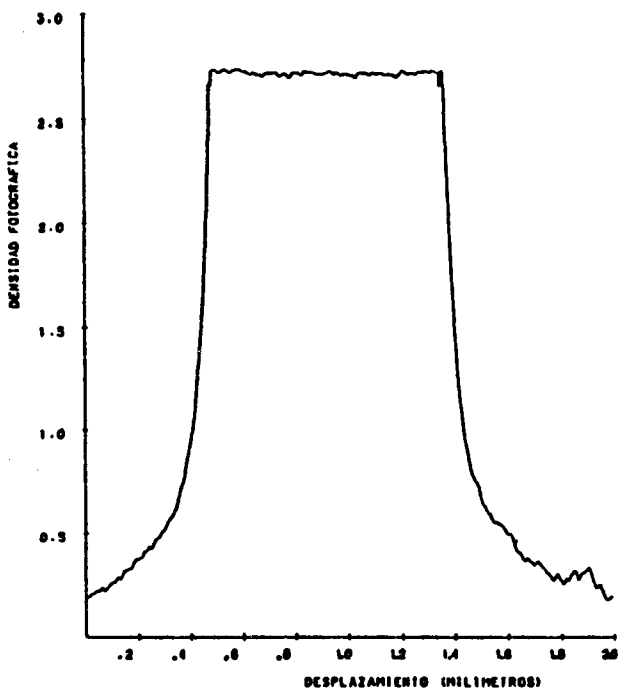
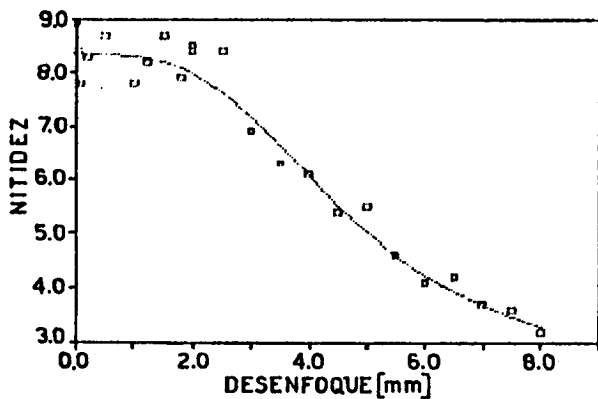


Figura 1: Registro del borde de una letra desenfocada. Densidad fotográfica vs desplazamiento.

\* Becaria del CONICET

\*\* Investigador del CONICET



**Figura 2: Nitidez vs desenfoque.**  
Resultados experimentales.  
Ajuste analítico.

El grado de desenfoque ( $d$ ), relacionado con la forma en que se ha producido la pérdida de calidad, se mide por el corrimiento del original fotografiado desde su posición en foco ( $d$  varía entre 0 y 8 mm).

Se representan los datos de densidad fotográfica versus la posición sobre el trazo de la letra para cada situación de desenfoque.

La figura 1 muestra un registro típico.

### EVALUACION DE LA DEFINICION DEL BORDE: NITIDEZ

Se propone una escala de nitidez de siete puntos que va desde el valor 3 (baja definición) hasta el 10 (alta definición).

Cada observador se enfrenta a todas las muestras simultáneamente, para clasificarlas de acuerdo a esta escala y se le indica que evalúe "definición del borde".

En la figura 2 se representa la evaluación promedio de la nitidez de las distintas muestras en función del grado de desenfoque con errores menores a la apreciación de la escala.

### CONTRASTE DE LAS MUESTRAS

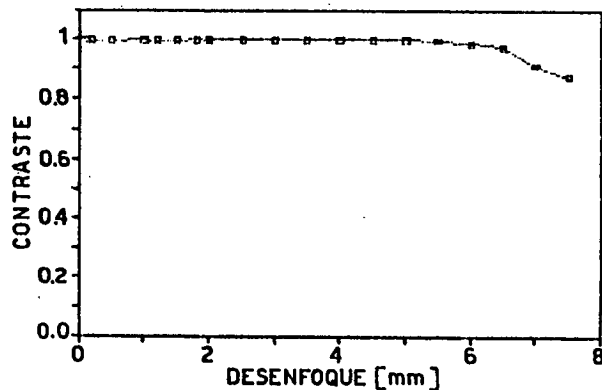
Se controla la hipótesis de que el contraste es constante dentro de una tolerancia del 15%, para todas las situaciones de desenfoque.

Se trata de confirmar, de esta manera, que el observador está evaluando la definición del borde y no la variación de contraste.

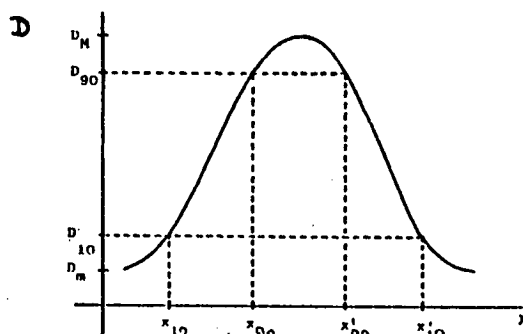
### CORRELACION FISICA DE LA NITIDEZ

#### A) NITIDEZ (N) VERSUS PENDIENTE MEDIA (P. Med.)

##### a) Cálculo de la Pendiente Media<sup>4</sup>



**Figura 3: Contraste vs desenfoque.**  
Valores experimentales.



**Figura 4: Representación esquemática de la densidad fotográfica vs el desplazamiento para indicar como se calcula la pendiente media.**

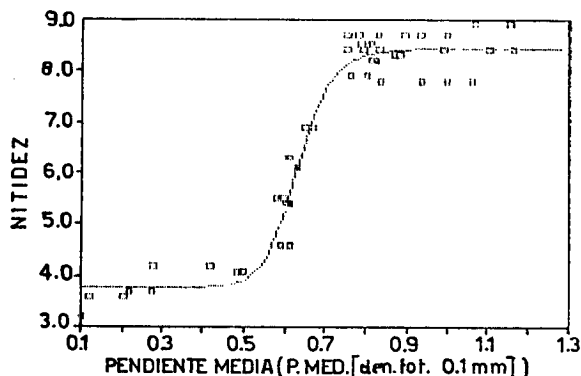
$$D_{10} = D_m + 0.10 (D_M - D_m)$$

$$D_{90} = D_m + 0.90 (D_M - D_m)$$

$$P. Med. = (D_{90} - D_{10}) / (X_{90} - X_{10})$$

\* Por cada registro se obtienen dos valores, uno correspondiente a cada flanco.

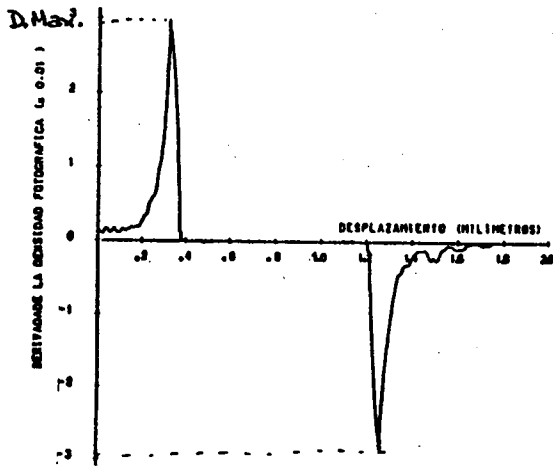
#### b) Resultados



**Figura 5: Nitidez vs Pendiente Media.**  
Valores Experimentales.  
- Curva de Compresión Sensorial Supraumbral.

**B) NITIDEZ (N) VERSUS DERIVADA MAXIMA DEL BORDE (D. Max.)**

a) Cálculo de la Derivada Máxima.

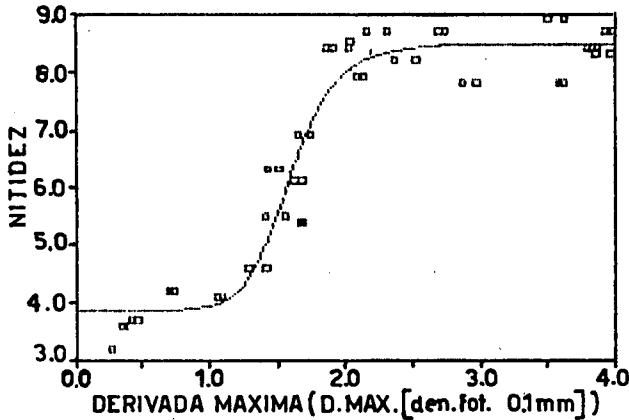


**Figura 6: Derivada de la densidad fotográfica (Dd/DX) vs Desplazamiento.**

D. Máx.: valor máximo que toma la derivada de la función densidad fotográfica.

\* Por cada registro se obtienen dos registros.

b) Resultados



**Figura 7: Nitidez vs Derivada Máxima.**

**II. Valores experimentales.**

- Curva de compresión sensorial supraumbral.

El parámetro perceptual NITIDEZ -respuesta sensorial- y la PENDIENTE MEDIA o la DERIVADA MAXIMA del perfil del borde -estímulo físico- están relacionados por una ecuación característica de la COMPRESION SENSORIAL SUPRAUMBRAL.

$$N = [A / (1 + B \cdot X^C)] + D \quad (1)$$

La compresión sensorial es exhibida a través de

las más variadas técnicas de medición electrofisiológicas o psicofísicas y es por lo tanto aceptada como la descripción general, básica, de la sensación supraumbral o respuesta visual<sup>5</sup>.

Los valores de los parámetros dependen del tipo particular de experimento involucrado (respuesta elegida, condiciones del estímulo, especie que se está investigando, etc.)

Para Nitidez vs. Pendiente Media (Fig.5) la curva ajustada corresponde a los siguientes valores de los parámetros:

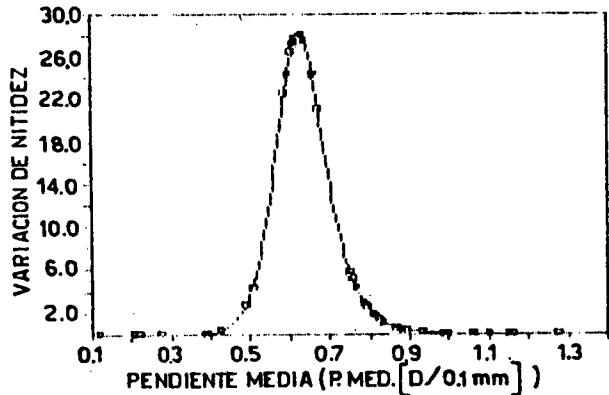
$$A = 4.624 \quad B = 8.53 \cdot 10^{-4} \quad C = -15.35 \quad D = 3.799$$

obteniéndose, para el mejor ajuste, un valor del residuo medio cuadrático: RMC = 0,16.

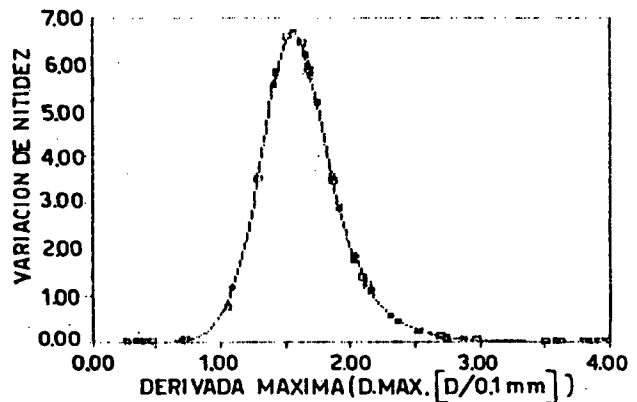
Para Nitidez vs. Derivada Máxima (Fig.7), los valores de los parámetros son:

$$A = 4.627 \quad B = 70.68 \quad C = -9.121 \quad D = 3.853$$

con RMC = 0.30



**Figura 8: Variación de la nitidez vs. Pendiente media.**



**Figura 9: Variación de la nitidez vs. Derivada máxima.**

## SENSIBILIDAD AL DESENFQUE

Para analizar la sensibilidad al desenfoco se calcula cómo varía la nitidez con el parámetro físico elegido: pendiente media o derivada máxima, graficando la primera derivada de la ecuación (1). Las figuras 8 y 9 muestran los resultados.

De las gráficas de variación de Nitidez con la pendiente (Pendiente Media o Derivada Máxima) puede verse que hay una zona de máxima sensibilidad al desenfoco y otra zona que corresponde a sensibilidad nula:

	SENSIBILIDAD MAXIMA	SENSIBILIDAD NULA
PENDIENTE MEDIA	0.64	(0.1; 0.4) y (0.95; 1.3)
DERIVADA MAXIMA	1.6	(0.0; 0.7) y (3.0; 4.0)

En términos de Nitidez, la Sensibilidad Máxima corresponde a  $N \cong 6.5$ .

## CONCLUSION

La robustez de la ecuación de compresión en amplísimos campos, que incluyen no solo datos elec-

trofisiológicos sino también psicofísicos, nos ha llevado a tomarla como base del modelo de SENSIBILIDAD AL DESENFQUE presentado aquí.

Podemos concluir entonces que, en términos de sensibilidad al desenfoco del sistema visual humano, se observa una amplia tolerancia en las zonas extremas mientras que en las zonas intermedias ( $N = 6.5$ ) el sistema muestra un alto grado de discriminación.

## REFERENCIAS

1. Developments in Lighting ,1,Chapter 2: Light and Vision, G. T. Yonemura. Ed. J. A. Lynes , Applied Science Publishers Ltd. , London, 1978.
2. E. Colombo , C. F. Kirschbaum , M. Raitelli Preceedings 21th. Congress of the Commission Internationale de L'Enclairage (CIE) Venecia, Italia, Junio de 1987.
3. E. Colombo , C. F. Kirschbaum , M. Raitelli Lighting Research and Technology, Vol. 19, Nro. 3, 61-71 (1987).
4. J. R. Hamerly , Ch. A. Dvorak J. Opt. Soc. Am., Vol. 71, Nro. 4, Abril 1981.
5. M. S. Rea Journal of IES, Vol. 15, Nro. 2, Summer 1986.