

# COMPARACIÓN DE DOS GENERADORES DE ESTÍMULOS VISUALES EN LA DETERMINACIÓN DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

L. Issolio & E. Colombo

Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión "Ing. Herberto C. Bühler" - Universidad Nacional de Tucumán.  
Avda. Independencia 1800 (4000) - Tucumán - Argentina.  
E-mail: [lissolio@herrera.unt.edu.ar](mailto:lissolio@herrera.unt.edu.ar)

## Resumen

Se propone comparar dos conjuntos de mediciones de sensibilidad al contraste en personas. En el primer caso, reportado en una reunión anterior, el experimento fue llevado a cabo con un dispositivo generador de estímulos visuales de altas prestaciones, especialmente construido para este tipo de determinaciones. En el segundo caso, las mediciones fueron realizadas con un equipo desarrollado por los autores, a partir de una PC convencional, adaptada para usarse como generador de estímulos visuales.

Ambos experimentos se diseñaron usando redes sinusoidales de las mismas frecuencias espaciales. Sin embargo, tanto las metodologías psicofísicas como algunas condiciones experimentales fueron diferentes en cada caso. Los grupos de observadores participantes tenían edades entre 27 y 28 años en el primer experimento, y en el segundo cubrían un rango de 20 a 29 años, todos con visión normal.

Se establecen comparaciones entre los resultados obtenidos en cada caso y se analizan las discrepancias a partir de las diferencias en las condiciones experimentales con que se llevó a cabo cada conjunto de determinaciones. Se concluye que un sistema basado en una PC, con algunas modificaciones, es una alternativa válida y económica para usarse como generador de estímulos visuales en mediciones de sensibilidad al contraste.

## Summary

We propose to compare two sets of contrast sensitivity measurements on subjects. The first experiment was carried out with a visual stimulus generator, specially built for this use. The result were reported in a previous meeting. In the second case, the measurements were taken with an equipment developed by the author, who adapted a standard PC for this purpose.

Both experiments were designed using sinusoidal gratings with the same spatial frequencies. However, the methodology and some experimental conditions were different for each case. The observers were between 27 and 28 years old in the first experiment and between 20 and 29 in the second experiment, all with normal vision.

In the present paper some comparisons between the results obtained in each case were made and the differences taking into account both set of conditions were analysed. We conclude that a system based on a PC, with some modifications, is a valid and non expensive alternative to be used as a visual stimulus generator in contrast sensitivity measurements.

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge como parte de una investigación que tiene como objetivo diseñar un sistema basado en un equipo informatizado estándar que permita medir la función sensibilidad al contraste (FSC) con fines clínicos (Issolio, 1999). Es decir, un sistema cuyo uso sea factible en el ámbito de la clínica oftalmológica como apoyo a la tarea de diagnóstico.

En la primera comunicación sobre este trabajo (Issolio & Colombo, 1996) se presentaron los resultados obtenidos a partir de un equipo de altas prestaciones, especialmente diseñado para usarse como generador de estímulos visuales. En él, a partir de mediciones realizadas con pocos sujetos, se proponía una metodología para evaluar una muestra mayor.

En el presente trabajo se comparan los resultados obtenidos en aquella medición, procesados con otras herramientas matemáticas (Experimento I), con los que surgen de mediciones con el equipo generador de estímulos visuales desarrollado, realizadas con una

muestra de sujetos con visión normal, seleccionada en un dado rango de edades fijado (Experimento II).

## II. MÉTODOS

### Descripción del equipamiento

Para la generación de los estímulos, en el Experimento I, se dispuso de un sistema VSG, Generador de Estímulos Visuales CRS (Cambridge Research System) junto a un monitor Eizo T650i. Este sistema permite generar redes sinusoidales horizontales con una resolución de niveles de gris de hasta 14 bits.

En el Experimento II, se usó una PC con una tarjeta gráfica SVGA. Este tipo de sistema, de insuficiente resolución en la escala de grises, fue adaptado, para usarse como generador de redes sinusoidales, con un atenuador de video, (Pelli & Zhang, 1991, Cejas & Leguizamón, 1996). Este consiste en un circuito resistivo que toma en su entrada las señales RGB de la tarjeta gráfica color y las suma, asignando a cada una un valor de atenuación diferente, dando como resultado una señal que se envía a un monitor monocromático.

En ambos experimentos se realizó la corrección gamma en el monitor (Travis, 1991) ajustándose la luminancia máxima. En el Experimento I la luminancia máxima fue de 103 cd/m<sup>2</sup>, apareciendo un efecto de saturación para valores mayores, en el Experimento II fue de 200 cd/m<sup>2</sup>,

ya que usar valores menores no permite medir las variaciones de luminancia en la calibración. En la Tabla 1 se resumen las características de los equipamientos usados en los dos experimentos.

Tabla 1: Características de los equipamientos usados en ambos experimentos

	Experimento I	Experimento II
<b>Tarjeta Gráfica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjeta generadora de estímulos visuales CRS</li> <li>• Procesador Digital de Señales: resolución de 14 bits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjeta SVGA</li> <li>• Atenuador de video. (Pelli y Zhang, 1991): resolución de 11,4 bits</li> </ul>
<b>Monitor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eizo T650i - 16"</li> <li>• Corrección gamma</li> <li>• Lum max: 103 cd/m<sup>2</sup> / Lum med: 51,5 cd/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RIC -12"</li> <li>• Corrección gamma</li> <li>• Lum max: 200 cd/m<sup>2</sup> / Lum med: 100 cd/m<sup>2</sup></li> </ul>

### Diseño experimental

En el Experimento I se seleccionó la metodología que condujera a la curva de FSC normal con mayor precisión. Esto llevó a optar por el método que introducía menor error, esto es, el método de elección forzada entre dos alternativas (2AFC) con estímulos constantes.

A cada observador se le presentaban simultáneamente dos estímulos de forma circular a la derecha y a la izquierda de la pantalla, en uno de los cuales estaba la red de una determinada frecuencia espacial y contraste, y en el otro se presentaba un campo de luminancia uniforme. La tarea del observador consistía en registrar en cual de los dos círculos aparecía la red.

El tamaño de los círculos fue de 14 cm de diámetro y la distancia de observación fue de 2 m, con lo que cada círculo subtendía un ángulo de 4°.

Se midieron seis frecuencias espaciales, cubriendo gran parte del espectro, separadas por octavas: 0,5, 1, 2, 4, 8 y 16 c/g. En cada sesión se midieron dos frecuencias espaciales. Los intervalos de contraste usados fueron predeterminados con el método de ajuste y estaban formados por ocho valores de contraste, cada uno presentado un mínimo de 24 veces. Con tres sesiones de este tipo cada observador completaba la medición en las seis frecuencia espaciales.

En el Experimento II, al contarse con un monitor más pequeño no se pudo usar el mismo método ya que sólo se podía generar un círculo con estímulo en la pantalla. Esta situación llevó a considerar dos posibilidades, una el método de elección forzada entre dos alternativas presentadas en forma sucesiva (2AFC temporal), el cual podía presentar complicaciones para ser comprendido por los sujetos de una muestra grande, y por otra parte, el método Si-No con estímulos constantes, el cual al ser fácil de comprender era ideal para realizar esta medición en muchos observadores, y en un futuro, a pacientes.

En este experimento se presentaban redes de determinadas frecuencias espaciales y contrastes a las que el observador respondía si veía o no.

Las redes sinusoidales fueron presentadas con orientación vertical en un círculo de 17 cm de diámetro,

y dada la resolución espacial de este tipo de equipos, para poder obtener el rango de frecuencias espaciales de 0,5 c/g a 16 c/g, fue necesario determinar dos distancias de observación: 80,5 cm para las frecuencias espaciales de 0,5, 1 y 2 c/g y 3,22 m para 4, 8 y 16 c/g. A estas distancias el patch subtendía un ángulo de 12° y 3° respectivamente.

En cada sujeto se determinó la sensibilidad al contraste en dos de las seis frecuencias espaciales consideradas en el Experimento I, a fin de no demandar más de treinta minutos a cada observador. Se usó un intervalo de cinco contrastes con 25 presentaciones en cada uno.

En el Experimento I, se realizaron mediciones con 3 observadores, una mujer de 27 años y dos hombres de 28 años. En el Experimento II, participaron 24 sujetos en un rango de edad de 20 a 29 años y con un promedio de 24,4 años. En los dos experimentos, las mediciones se realizaron en forma monocular y previa determinación de la ausencia de problemas refractivos.

La Tabla 2 muestra los datos del método de medición, estímulo y observadores en ambos experimentos.

### III. RESULTADOS

Para obtener los contrastes umbrales, y a partir de ellos los valores de sensibilidad al contraste, se ajustaron los datos de la medición a una función psicométrica definida por el modelo de Weibull (Macmillan & Creelman, 1991). En el caso del Experimento I, los datos fueron el número de aciertos en la ubicación del patrón, y se ajustaron entre un 50% y un 100% de probabilidad de acierto. En el caso del Experimento II, los datos fueron el número de patrones detectados, y se ajustaron entre el 0% y el 100% de la probabilidad de detección.

En la Tabla 3 se muestran los valores de sensibilidad al contraste para los tres observadores que participaron en el Experimento I, para cada frecuencia espacial. En la figura 1 se representan estos datos.

En la figura 2 se representan los resultados de la muestra de 24 sujetos del Experimento II. En la Tabla 4 se presentan algunos estadísticos que caracterizan a estos resultados. Primero, aparecen los promedios con sus desvíos estándares (figura 3), en el centro de la tabla se

encuentran las medianas y los valores máximos y mínimos (figura 4). También aparece en la tabla la asimetría, que cuantifica las diferencias entre promedios y medianas.

Tabla 2: Diseños experimentales

	Experimento I	Experimento II
<b>Método de medición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2AFC con estímulos constantes.</li> <li>• Número de mediciones: 24 - 32 - 40</li> <li>• Número de contrastes: 8</li> <li>• Modelo de ajuste: Weibull</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si-No</li> <li>• Número de mediciones: 25</li> <li>• Número de contrastes: 5</li> <li>• Modelo de ajuste: Weibull</li> </ul>
<b>Estímulo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Círculos de 14 cm</li> <li>• Distancia de observación: 2m</li> <li>• Tamaño angular: 4°</li> <li>• Número de redes mayor al mínimo</li> <li>• Redes de orientación horizontal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Círculos de 17 cm</li> <li>• Distancia de observación: 0,8 m y 3,2m</li> <li>• Tamaño angular: 12° y 3°</li> <li>• Número de redes mayor al mínimo.</li> <li>• Redes de orientación vertical.</li> </ul>
<b>Frecuencias espaciales</b>	0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 y 16 c/g	
<b>Observadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3</li> <li>• 1 mujer de 27 años y 2 hombres de 28 años</li> <li>• En cada observador se midió SC para las 6 frecuencias espaciales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24</li> <li>• Promedio de edades: 24,4 años</li> <li>• En cada observador se midió SC para 2 frecuencias espaciales</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visión monocular</li> <li>• Examen oftalmológico previo</li> </ul>	

Tabla 3: Resultados del Experimento I. Valores de sensibilidad al contraste determinados en tres observadores y en seis frecuencias espaciales.

Frecuencia espacial [c/g]	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3
0,5	145,75	126,93	77,83
1	266,89	157,51	197,79
2	402,15	360,86	282,99
4	487,18	378,16	222,29
8	279,29	264,52	117,24
16	70,15	35,2	22,24

Tabla 4. Resultados del Experimento II. Estadísticos descriptivos de la muestra medida en seis frecuencias espaciales.

Frecuencia espacial [c/g]	Promedio	Desvío estandar	Máximo	Cuartil Superior	Mediana	Cuartil inferior	Mínimo	Asimetría
0,5	89,83	13,99	111,35	98,34	84,72	80,70	75,96	0,88
1	167,63	51,54	250,10	193,07	152,49	135,83	113,00	0,94
2	246,94	84,46	381,99	294,19	219,92	200,93	131,51	0,58
4	232,10	15,41	256,97	242,90	228,14	224,03	213,39	0,37
8	165,05	37,79	203,64	195,73	171,83	143,29	99,41	-0,68
16	87,26	50,75	185,33	99,36	60,50	59,71	46,83	1,57

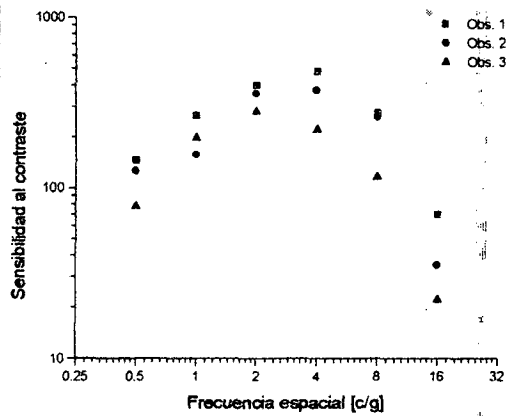


Figura 1. Valores de sensibilidad al contraste de los tres observadores participantes del Experimento I

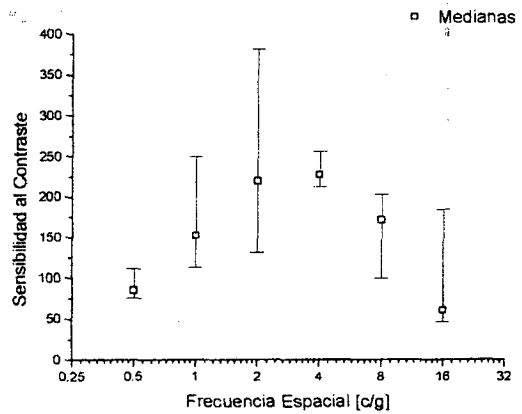


Figura 4. Medianas dentro del rango de variación (máximo a mínimo) de las medidas realizadas en el Experimento II.

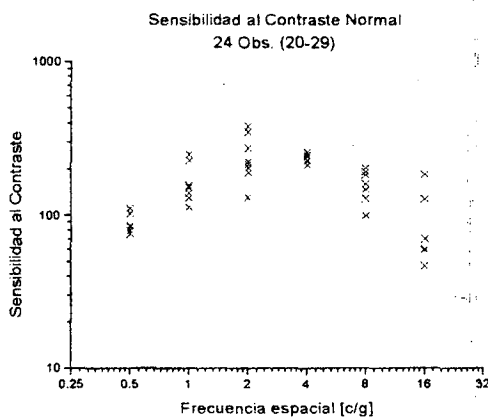


Figura 2. Valores de sensibilidad al contraste de la muestra de 24 observadores del Experimento II.

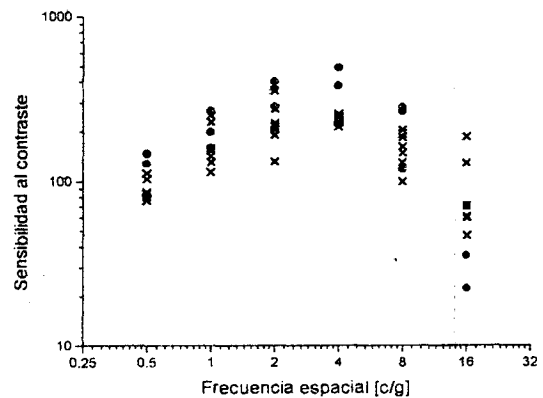


Figura 5. Mediciones del Experimento I (●) junto a mediciones del Experimento II (×).

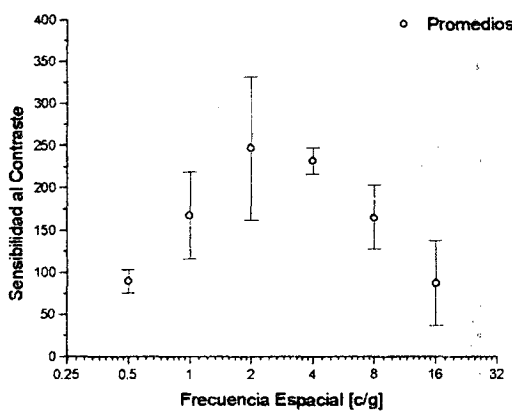


Figura 3. Promedios, acotados con sus respectivos desvíos estándares, de la mediciones realizadas en el Experimento II.

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Algunas condiciones que se repiten en ambos experimentos son de particular importancia para poder hacer una comparación de los resultados. Así, por ejemplo, se determinaron las sensibilidades al contraste en las mismas frecuencias espaciales, lo que permite una comparación directa de los resultados. Los sujetos participantes estaban comprendidos en un mismo rango de edad, aspecto sumamente importante dado el fuerte efecto que las diferencias de edad producen sobre la sensibilidad al contraste (Artigas *et al*, 1995). Los tamaños de los patch permiten representar el número mínimo de redes, lo cual asegura un comportamiento similar de la sensibilidad al contraste en las bajas frecuencias espaciales de ambos experimentos (Kelly, 1977).

Por otra parte, existen tres condiciones que diferencian los experimentos, las orientaciones de la redes, el nivel de la luminancia media y el método psicofísico. En el caso de las orientaciones, pese a ser ortogonales, tanto la horizontal como la vertical son aquellas para las que el sistema visual humano presenta la mayor sensibilidad. En lo que se refiere a la luminancia media, si bien en el

segundo experimento se duplica a la usada en el primero, las diferencias significativas en la sensibilidad aparecen al producirse cambios de un orden de magnitud (Van Nes y Bouman, 1967). En lo referente al método, si bien el 2AFC es un método psicofísico objetivo, y en el Si-No no puede controlarse el criterio del sujeto, este último permite resultados con mucho menos sesgo que los que se obtienen con otros métodos de este tipo, por ejemplo, con el método del ajuste.

Al realizar una comparación directa (figura 5), el comportamiento de ambos grupos de resultados es similar. Las medianas obtenidas en las mediciones del segundo experimento son, dada las asimetrías, un estadístico más representativo de la muestra. Precisamente, al considerarse las medianas, el pico de la curva se ubica en un valor de frecuencia espacial intermedia de 4 c/g, coincidiendo con el comportamiento esperado, y no en 2 c/g como sería si se considerasen los promedios.

Como conclusión puede decirse que el equipo desarrollado es lo suficientemente sensible para determinar sensibilidades al contrastes para el rango definido de frecuencias espaciales en sujetos. Los resultados obtenidos permiten considerarlo válido para su uso como generador de estímulos visuales.

#### Agradecimientos

A la Lic Mirta Santana por su asesoramiento estadístico. Este trabajo fue realizado dentro del programa de investigación subsidiado por el Consejo de

Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) y el CONICET.

#### Referencias

1. Artigas J. M., Capilla, Felipe A. y Pujol . Óptica Fisiológica - Psicofísica de la visión (Cap. 13). Ed. Interamericana Mc Graw - Hill, 1995.
2. Cejas P. & Leguizamón M. Control de la resolución de contraste de un monitor. Proyecto final de graduación en Ingeniería Eléctrica. Instituto de Luminotecnia - FACET - UNT. Tucumán, 1996.
3. Issolio L y Colombo E. La función sensibilidad al contraste en ojos normales. *Anales AFA Tandil*. Vol. 8, pp. 64-67, 1996.
4. Issolio L. Tesis de Magister. La función sensibilidad al contraste en la clínica oftalmológica: propuesta de un sistema informatizado. Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión - FACET - UNT. Tucumán, 1999.
5. Kelly D.H. Visual contrast sensitivity. *Optica Acta*. Vol. 24, No. 2, pp.107-129, 1977.
6. Macmillan N.A., Creelman D. Detection Theory: A User's Guide. Cambridge University Press, 1991.
7. Pelli D. & Zhang L. Accurate control of contrast on microcomputer displays. *Vision Res*. Vol. 31; No 7/8, pp 1337-1350, 1991.
8. Travis D. Effective color display, theory and practice. Academic Press, 1991.
9. Van Nes F.L. y Bouman M.A. Spatial modulation transfer in the human eye. *J. Opt. Soc. Am*. Vol. 57, pp. 401-406, 1967.