

# Influencia del deslumbramiento sobre los umbrales de velocidad

José Barraza - Elisa Colombo  
Instituto de Luminotecnia, Luz y Visión - FCEyT - UNT  
Av. Independencia 1800, (4000) Tucumán - e-mail: ilum@herrera.unt.edu.ar

## Resumen

Se analiza la dependencia del umbral superior de detectabilidad de estímulos en movimiento con el deslumbramiento. Las condiciones en que se ha desarrollado el experimento, tanto en lo que se refiere al tamaño del estímulo como a los valores de luminancia media, son las determinadas por las condiciones de iluminación del alumbrado vial.

## Summary

Upper threshold of detectability dependency of moving stimuli with glare is analysed. The experimental conditions, stimulus size and mean luminance, are determined by road lighting characteristics.

### Las condiciones del Alumbrado Vial

Las características que definen la tarea visual de un conductor son los bajos niveles de iluminación -la luminancia típica de una calzada es de  $2\text{cd/m}^2$ - lo que implica que los colores de la escena no juegan un papel importante, los bajos contrastes objeto-fondo en el estímulo visual, la débil definición de los contornos, los cambios constantes en el estado de adaptación y la complejidad espacial de las escenas, sin dejar de mencionar la componente de movimiento de los objetos y de la referencia, en este caso anclada en el observador.

### Conspicuidad y Detectabilidad

Un objeto puede tener un alto contraste y sin embargo estar tan afectado por la complejidad de la escena que se vuelve no detectable. Un objeto definido por una determinada textura en cuanto a contrastes y frecuencias espaciales puede quedar enmascarado si las características espaciales del fondo contra el cual es presentado son similares. En estos casos cuanto más conspicuo sea un objeto será más fácil de detectar. Un rasgo que puede separar un objeto del fondo es el movimiento relativo entre ellos (Boyce, 1981). La propuesta del trabajo se basa en considerar el movimiento como el factor de conspicuidad.

### Deslumbramiento

Un fenómeno que afecta la capacidad de detectar objetos es el deslumbramiento. Supongase que el ojo enfoca un objeto ubicado en su eje visual y fuera de este se halla una fuente emisora de luz. La luz es dispersada en el ojo y parte de ella cae desenfocada sobre la imagen enfocada del objeto, lo que produce la sensación de que a través del campo visual se interpone un velo de luz.

A este velo de luz puede asociársele una luminancia equivalente conocida como luminancia de velo  $L_v$ , que es proporcional al grado de dispersión de la luz en la dirección de la retina. La siguiente expresión empírica, conocida como fórmula de Stiles-Holladay, muestra la

dependencia de la luminancia de velo con la iluminancia vertical en el ojo (Eojo) y con el ángulo que forma el eje de visión y la línea que une el ojo con la fuente deslumbrante ( $\theta$ ).

$$L_v = k E_{\text{ojo}} / \theta^n$$

donde  $k$  y  $n$  son constantes que dependen de las características del observador y su posición. Los valores de  $k$  y  $n$  típicos son  $k=10$  y  $n=2$  para valores de  $\theta$  entre  $1.5^\circ$  y  $60^\circ$ .

Es sabido que el problema más grave al que se somete el sistema visual de un conductor durante la noche es el deslumbramiento (Boyce, 1981), en particular, el deslumbramiento producido por las luces de los automóviles en algunos casos suele ser encefalizador.

### Visión de Movimiento

La sensibilidad al movimiento es un aspecto fundamental de la visión (Marr, 1982). La mayoría de las escenas que enfrenta el sistema visual poseen imágenes de objetos en movimiento, que se analiza mediante un análisis espacio-temporal de la imagen retiniana.

El modelo de intersección de líneas de restricción (Adelson y Movshon, 1982) explica cómo compone el sistema visual la velocidad resultante a partir del conjunto de vectores velocidad que resultan de los detectores de movimiento

### Mecanismos para el análisis del movimiento

El mecanismo más sencillo y seguro para analizar el movimiento de un objeto tiene tres pasos, se ubica espacialmente el objeto en un tiempo determinado, luego en otro lugar correspondiente a un tiempo posterior y finalmente, se divide el espacio recorrido por el tiempo transcurrido. Sin embargo hay evidencias de que la sensación de movimiento no siempre depende del análisis previo de las posiciones del objeto, sobre todo

cuando la duración del estímulo es breve o el tiempo de interacción es corto. Hay indicios de que el sistema visual puede analizar el movimiento antes de las formas o posiciones de los objetos (Braddick, 1974), además hay situaciones en que la sensación de movimiento se produce sin estar acompañada de una sensación de cambio de posición y hay algunos experimentos donde el cambio de posición está en un sentido y la sensación de movimiento en la opuesta (Artigas y ot. 1995).

## El experimento

### Estímulo

Se utilizó un estímulo conocido como Cinematograma de Puntos Aleatorios -CPA-. El experimento consistió en presentar al observador un CPA en donde un grupo de celdas, con contraste medio cero respecto del fondo, se movían en forma horizontal o vertical. La tarea del observador consistía en responder cuál de los dos eventos había ocurrido.

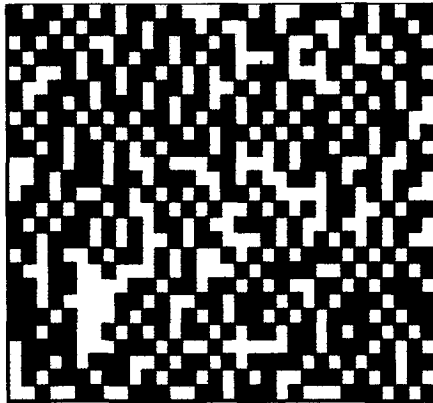


Figura 1. Cinematograma de Puntos Aleatorios - CPA. En condiciones estáticas no se puede reconocer el objeto del fondo.

Este experimento se hizo con una luminancia media de  $2\text{cd/m}^2$  y además de la situación sin deslumbramiento se trabajó con otros dos niveles de deslumbramiento, uno corresponde al nivel máximo admitido por la norma del alumbrado vial (el incremento del umbral  $TI=20$ ) y otro valor cuatro veces por encima. El contraste de los puntos del CPA se mantuvo constante en condiciones por encima del umbral. El tamaño del estímulo fue de  $12'$ .

### Hipótesis de trabajo

El movimiento relativo en una escena se vuelve un aspecto fundamental en la detección si el contraste objeto-fondo, caracterizados ambos por su luminancia media, es cero. El sistema visual segrega las áreas con características temporales iguales entre si y diferentes del resto, en base a un análisis espacio-temporal de la escena. Si el contraste objeto-fondo es cero y constante en el tiempo, el deslumbramiento medido como la luminancia

de velo equivalente en la retina, no debería afectar al umbral superior de movimiento, puesto que sólo produce una reducción en el contraste efectivo. Ahora bien, si se encuentra cierta dependencia, tendríamos que considerar que hay alguna influencia en el procesado de la información, además del efecto de la dispersión de la luz en los medios ópticos, para explicar los efectos del deslumbramiento en el sistema visual.

### Diseño

Se analiza la dependencia del umbral superior de detectabilidad de movimiento con el deslumbramiento en tareas de discriminación de dirección.

Las velocidades se miden en términos del intervalo interestímulo (isi), que se cuantifica en cuadros de presentación del monitor.

Se eligieron ocho velocidades de tal manera que unas estén por debajo del umbral y otras por encima del mismo. Cada una de ellas se presentó en forma aleatoria ocho veces, cuatro en cada dirección. También se aleatorizó la presentación de la dirección de movimiento. Los niveles de deslumbramiento también se aleatorizaron para independizarse del entrenamiento del observador.

La función psicométrica, es decir la probabilidad de respuestas correctas versus el intervalo interestímulo, se espera que siga una ojiva gaussiana, función que se ha mostrado adecuada para describir la respuesta del sistema visual ante este tipo de señales.

$$p = \frac{1}{1 + e^{-\frac{(x-\mu)}{\sigma}}}$$

El parámetro  $\mu$  corresponde al umbral, es decir da el valor de  $x$  para  $p = 0,5$ . Por otro lado  $\sigma$  es la desviación estándar de la ojiva, una medida de la sensibilidad del sistema en el umbral.

Se utilizó el método SI-NO. El observador debía decir si el estímulo se movía hacia la derecha o hacia la izquierda, para lo cual debía pulsar uno u otro de los botones de un panel de control. Para velocidades por debajo del umbral, existe una probabilidad del 50 % que el observador adivine la respuesta. Se obtendrán, entonces, valores entre 0,5 y 1, los que luego se normalizan entre 0 y 1. Con estos datos se ajusta la función psicométrica y se determina el umbral para una probabilidad del 50 %.

Se trabajó con dos observadores (VIA y RNM) de 27 y 22 años. Cada uno de ellos realizó cuatro mediciones del umbral para cada nivel de deslumbramiento. Es decir que realizó doce pruebas.

En cada una de ellas se le presentaron 8 veces cada velocidad.

### Equipamiento

Para presentar el estímulo se utilizó un monitor marca EIZO Ti 560i de alta resolución, controlado por una

placa de generación de estímulos visuales (VSG de Cambridge Research Systems) montada sobre un ordenador PC486 DX2.

Los distintos niveles de deslumbramiento se lograron con una lámpara incandescente opalina de 100w con flujo regulado, ubicada de tal manera que el ángulo entre la línea que une el ojo con la lámpara y la vertical sea de 80°.

## Resultados

Las figuras 2(a) y 2(b) muestran el porcentaje de respuestas correctas en función del *isi*. Se grafican los resultados experimentales de ambos observadores para las tres condiciones de deslumbramiento y el ajuste de los mismos con la función psicométrica.

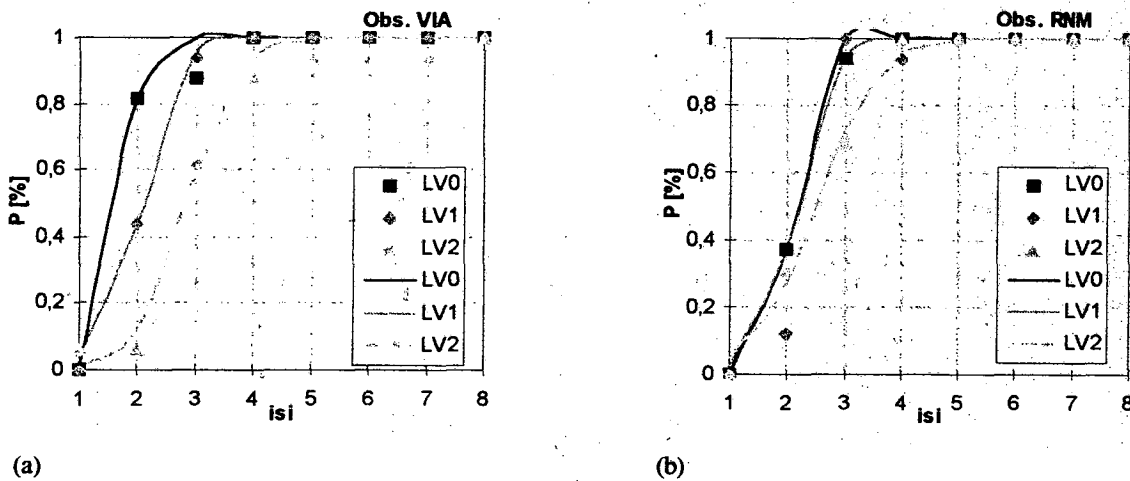


Figura 2. Ajuste de la curva psicométrica a los resultados experimentales (a) del observador RNM y (b) del observador VIA.

En las figuras se puede observar el corrimiento de las curvas hacia valores de *isi* más grandes cuando aumenta el deslumbramiento, lo que indica un incremento del umbral. En ambos casos las pendientes muestran que la sensibilidad del sistema estímulo-observador permanece aproximadamente invariable lo que asegura el mantenimiento de las condiciones experimentales. Por

otro lado, el observador VIA, se manifiesta más sensible al deslumbramiento para esta tarea que el observador RNM.

En la figura 3 se grafican los valores los umbrales de velocidad de ambos observadores en función del factor de deslumbramiento TI.

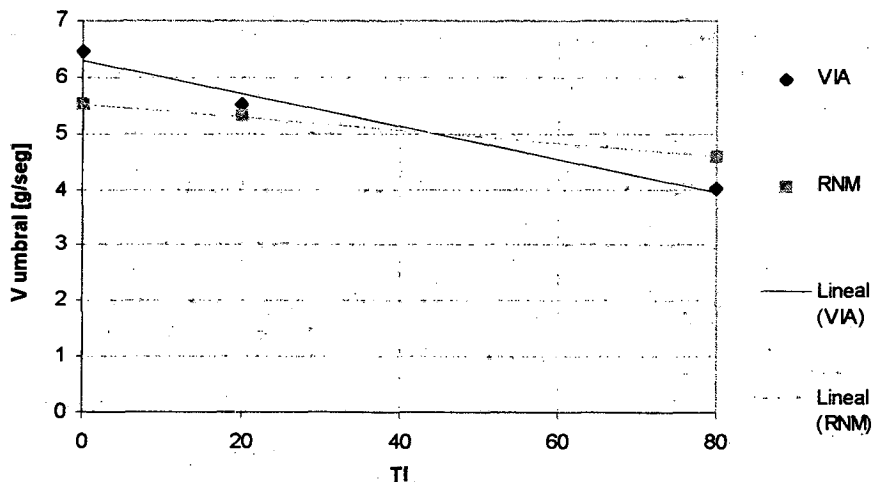


Figura 3. Medida del umbral superior de discriminación de dirección de objetos en movimiento de los observadores VIA y RNM.

A pesar de que la luminancia media del estímulo permanece espacial y temporalmente constante y que para el nivel más alto de deslumbramiento el contraste de los puntos del estímulo está en el

supraumbral, los resultados muestran que la capacidad del sistema visual para discriminar dirección de objetos en movimiento se reduce con el deslumbramiento.

## Conclusiones

Si bien es clara la naturaleza óptica del deslumbramiento, existen evidencias de la reducción de las capacidades visuales aún cuando las características espaciales de la imagen aseguran visibilidad según el modelo de la luminancia de velo equivalente. Más aún es posible que los aspectos temporales de la escena sumen información a la caracterización de la misma cuando las luminancias medias del objeto y del fondo son las mismas.

## Referencias

- 1- Adelson E H / Movhson J A "Phenomenal Coherence of moving visual patterns", Nature, 300, 523-525, 1982
- 2- Artigas J M / Capilla P / Felipe A / Pujo J "Optica Fisiológica. Psicofísica de la visión". Ed. Interamericana Mc Graw-Hill, 1995
- 3- Boyce P R "Human Factors in Lighting". Ed. Applied Science Publishers, 1981
- 4- Braddick O J "A short-range process in apparent motion", Vision Research, 14, 519-527, 1974
- 5- Marr D "La Visión", Ed. Alianza, 1982