

EFFECTO BEZOLD-BRÜCKE Y EFFECTO ABNEY

Autor: *J. Antonio Aznar*. (© 2001).

Aunque exista una correlación entre la longitud de onda dominante en la energía lumínica estimulante (variable física) y el matiz percibido (sensación o variable psicológica); de manera que, ante determinadas longitudes de onda, los sujetos, tienden a experimentar la percepción de ciertos matices, esta correlación no es perfecta. Así lo evidencia el *efecto Bezold-Brücke* y el *efecto Abney*.

El efecto Bezold y Brücke consiste en que ante dos estímulos cromáticos con la misma longitud de onda, pero con distinta intensidad (brillo), pueden producir la percepción de diferentes matices. El efecto Abney consiste en el cambio del matiz percibido por el sujeto ante una estimulación que mantiene constante la longitud de onda dominante y varía la saturación de ese color.

Por tanto, ante dos estímulos del mismo tono, al modificar en uno de ellos su intensidad, pueden ser percibidos como si fueran un tono distinto (por ejemplo, una luz de unos 600 nm con una intensidad baja se percibe como si fuera verdoso, pero conforme aumenta la intensidad se percibe de matiz caqui, pestacho y, cuando es máxima la intensidad, como amarillo).

Algo similar ocurre con el efecto Abney en el que se varían otro de los atributos del color, la saturación, y se deja invariable el matiz y el brillo. Entonces, al comparar, por ejemplo, un estímulo azul y otro azul desaturado, podemos llegar a identificar el segundo como un lila-morado, cambiando nuestra percepción respecto al primero por haber sido modificado un de sus atributos.

El efecto Bezold-Brücke (en lo sucesivo, efecto B-B) fue descubierto a finales del siglo XIX por los autores que le dieron nombre (Bezold, 1873; Brücke, 1878; Purdy, 1931a; Judd, 1951; Hurvich y Jameson, 1955; Hurvich, 1981. A lo largo del siglo XX, algunos investigadores (Haupt, 1922; Walraven, 1961; Nagy, 1980; Takahashi y Ejina, 1983) se plantearon distintas alternativas metodológicas a la hora de analizar dicho efecto (B-B), intentando obtener datos directos que les permitieran cuantificar la magnitud de dicho efecto, en distintas condiciones experimentales y proporcionando información directa acerca de la identificación del matiz cromático. Entonces, se empezaron a utilizar técnicas como la nominación del color (Boynton y Gordon, 1965; Gordon y Abramov,

1988), a la vez que se desarrollaron modelos fisiológicos que relacionaban el contenido cromático de los estímulos (matiz) con la actividad de las células P oponentes (Sistema Parvocelular) que se encuentran en el NGL (Valberg et al, 1986; Valderg and Lee, 1989; Valdberg et al, 1991). Sin embargo, fue sobretodo con la técnica de nominación del color con la que los sujetos comenzaron a identificar las sensaciones básicas de los colores primarios (rojo, verde, azul y amarillo), en las cuales la experiencia del matiz y su brillo relativo podían ser analizadas y estudiadas de una forma directa y cuantitativa. En la actualidad, Ralph Pridmore (1999 a, 1999 b) es el autor que más se ocupa de este tema. Ha cuestionado la equivalencia total del tipo de procedimientos utilizados por otros autores, como Purdy (un clásico de la investigación del efecto B-B) y por aquellos que utilizan la técnica de nominación del color, indicando que la diferencia, en lo referente a la metodología, debe tener consecuencias en la medida del efecto, ya que la proximidad temporal de los estímulos incrementa el efecto y la presencia de contraste lo hace variar cualitativamente.

EJERCICIOS DE efecto Bezold-Brücke y efecto croma:

1. Ejecuta el programa "Efectos.exe". Al hacer click sobre el botón "Negro → Amarillo", observa como se incrementan los componentes *rojo* y *verde* (determinantes del *amarillo*), mientras se mantiene constante y al mínimo valor (nulo= 0) el componente *azul*. Completa la tabla-1 que sigue (columna-2), escribiendo el nombre del matiz percibido, cuando la intensidad (R y V) tome los valores mostrados en la columna-1 de la tabla-1.

INTENSIDAD (R y V)	MATIZ PERCIBIDO
50	
100	
150	
200	
250	

¿Qué nombre recibe este efecto en psicología de la percepción?:

2. Ejecuta el programa "Efectos.exe". Al hacer click sobre el botón "Rojo → Blanco", observa como se incrementan los componentes *verde* y *azul* (determinantes de la variación en *croma*= combinación de intensidad x saturación), mientras se mantiene constante y al máximo valor (255) el componente *rojo*.. Completa la tabla-2 que sigue (columna-2), escribiendo el nombre del matiz percibido, cuando la intensidad (R y V) tome los valores mostrados en la columna-1 de la tabla-2.

INTENSIDAD (V y A)	MATIZ PERCIBIDO
50	
100	
150	
200	
250	

Advierte que en este caso no se trata, exactamente, del *efecto Abney*, ya que también varía la intensidad del color, además de la saturación.

LA MEDICIÓN DEL COLOR [Autor: Antonio Aznar-Casanova. © 2001]

El procesamiento del color por el sistema visual es un proceso físico-fisio-psicológico todavía no bien comprendido.

Básicamente, los colores que percibimos los humanos están determinados por la composición espectral de la luz reflejada por las superficies de los objetos o emitidas por las fuentes luminosas. El color, por tanto, no es una propiedad del objeto, sino una característica de la respuesta perceptiva. La luz blanca como mostró Isaac Newton es una luz compuesta de 7 bandas espectrales o diferentes longitudes de onda. Las superficies opacas tienen la propiedad de alterar la composición espectral de la luz que incide sobre ellas. Esta alteración espectral consiste en que no salen todas las longitudes de onda que entran en contacto con la superficie del objeto, sino que unas de éstas son absorbidas, mientras que otras salen reflejadas.

Si una superficie refleja la luz de modo relativamente equilibrado en todas las longitudes de onda, el observador la percibe como blanca, si la intensidad es alta, y conforme disminuye la iluminación, será percibida como gris, cada vez más oscuro. No obstante, si una superficie produce menor reflectancia en una banda determinada del espectro visible, entonces será percibida como coloreada. En otras palabras, si la luz es acromática, sin matiz cromático, su único atributo es la intensidad (brillo percibido).

La luz visible representa una estrecha franja (1/70) del espectro electromagnético. La franja que va desde 380 nm (violeta) hasta 760 nm (rojo). Para caracterizar una fuente cromática de luz se utilizan tres magnitudes.

- Radiancia: es la cantidad total de energía que sale de la fuente lumínica (en vatios).
- Luminancia: es la cantidad de luz que llega al ojo del observador procedente de una fuente (Lumen).
- Brillo: interpretación subjetiva de la luminancia.

En la retina humana existen tres tipos de conos funcionales, sensibles a las longitudes de onda corta (violeta, azules), medias (verde, amarillo) o largas (naranja, rojo). Dado que, a partir de la variación en el nivel de excitación de estos tres tipos de sensores cromáticos podemos ver cualquier color, se dice que estos tres colores son los colores primarios. Y ello es el fundamento de la Teoría Tricromática propuesta por Thomas Young en 1802 y perfeccionada por Herman von Helmholtz en 1852.

Para especificar de modo preciso un color podemos hacerlo mediante la longitud de onda, la luminancia y la reflectancia, en el modelo físico (fotométrico). También podemos especificarlo en el sistema RGB, dentro de un modelo fisiológico. E incluso podemos referenciarlo en el sistema HSI, según el modelo psicológico.

Un modelo de especificación del color es aquel que nos permite localizar un determinado color en un sistema de coordenadas tridimensionales y de un subespacio de este sistema, en el que cada color quede representado por un solo punto.

Nuestro interés aquí se centra en el modelo fisiológico (sistema RGB) y en el modelo psicológico (sistema HSI). Tenemos interés en el primero (sistema RGB) porque tanto

el *hardware* fisiológico del sistema visual (conos de la retina) como el *hardware* electrónico (TV y pantallas de ordenador) con el que más frecuentemente recibimos estímulos visuales se fundamentan en una codificación del color mediante los valores tricromáticos RGB (coordenadas). El subespacio de color asociado tiene forma de cubo (ver Fig. 1).

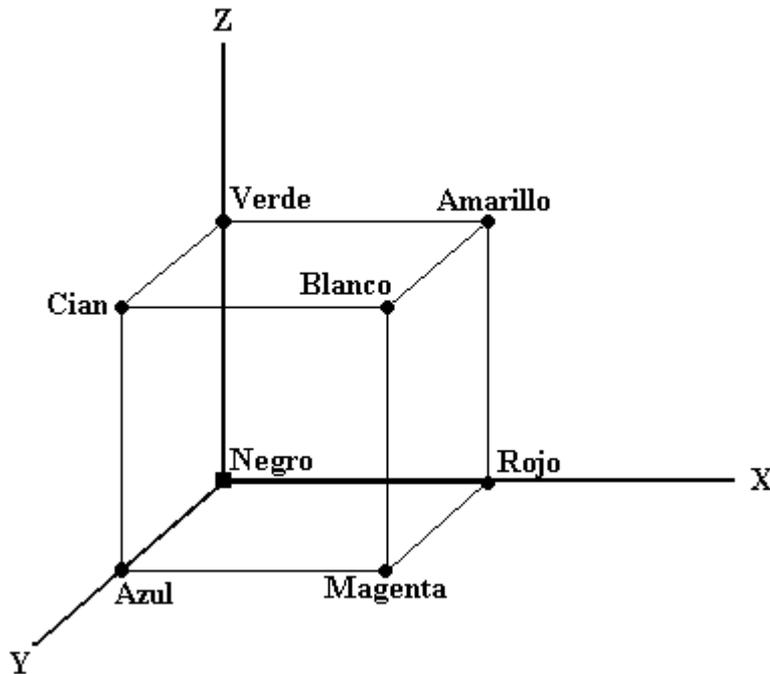


FIGURA 1.- Sub-espacio del color representado en un cubo. Los ejes X, Y Z indican los valores tricromáticos (RGB): rojo, verde y azul, respectivamente.

Si cuantificamos cada uno de los valores tricromáticos (R, G, B) en rango byte (entre 0 y 255 niveles) y los normalizamos (R', G', B') obtendremos:

$$R' = \frac{R}{255}; \quad G' = \frac{G}{255}; \quad B' = \frac{B}{255}$$

Sin embargo, tiene mayor interés especificar el color como reflectancia relativa, ya que así el color es independiente de las condiciones de iluminación y se adecua mejor al mecanismo de la constancia perceptiva. Para calcular estos coeficientes tricromáticos utilizaremos:

$$x = \frac{R'}{R' + G' + B'}; \quad y = \frac{G'}{R' + G' + B'}; \quad z = \frac{B'}{R' + G' + B'}$$

Por otra parte, tenemos también interés en el 2º (sistema HSI) porque desde el punto de vista psicológico (psicofísico), los seres humano discriminamos el color, no a partir de sus componentes RGB, sino a partir de tres atributos subjetivos que denominamos matiz o tono (*Hue*), saturación (*Saturation*) y brillo o intensidad percibida (*Brightness* o *Intensity* respectivamente), de ahí la denominación del sistema HSI.

El tono es un atributo relacionado con la longitud de onda dominante en una mezcla de ondas luminosas (por ejemplo, el tono rojo o verde). Además, el tono, por sí solo, describe un color puro (rojo puro, verde puro). La saturación se refiere a la pureza relativa de un color o una cantidad de luz blanca, mezclada con un determinado tono. Tono y saturación considerados conjuntamente constituyen la cromaticidad de un color.

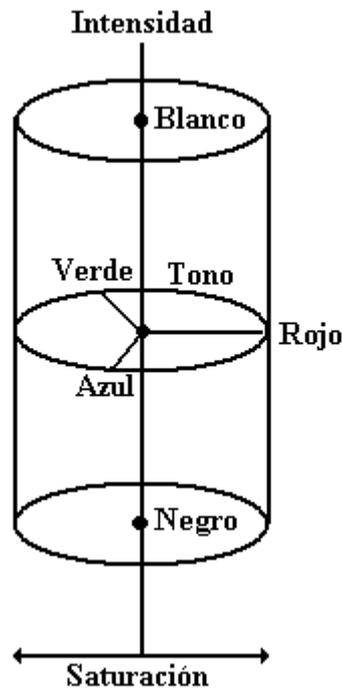


FIGURA 2.- Sub-espacio del color representado en un cilindro. Los ejes X, Y Z indican los valores psicofísicos (HSI): X=> Saturación, Y=> Intensidad (brillo) y Z=> Matiz o tono, respectivamente.

Dado que los atributos de tono, saturación y brillo están relacionados estrechamente con la forma en que los humanos percibimos el color, el modo HSI ha sido ampliamente utilizado en PID (Procesamiento de Imágenes Digitales) para hallar algoritmos basados en alguna propiedad de la percepción del color por parte del sistema visual humano (SVH).

En resumen, el modelo HSI, tiene un gran valor para la Psicología, fundamentalmente por dos razones:

1. Separa el componente cromático del estímulo (tono+saturación) del componente brillo (intensidad)
2. Los componentes matiz o tono y saturación están estrechamente relacionados con la manera en que los humanos percibimos el color.

El formato HSI viene a ser una formalización del sistema de categorización del color hallado por Munsell (1913) y que ha sido, y es, precisamente, el utilizado por los

pintores. El subespacio de color asociado al sistema HSI tiene forma de cilindro (véase Fig. 2)

En la Fig. 2 se observa que el eje vertical o altura del cilindro representa la intensidad o brillo y que varía desde lo más claro (blanco) hasta lo más oscuro (negro), varía en rango [0,1]. Un color ocupa un punto del círculo de un determinado corte transversal del cilindro. Si unimos dicho punto con el centro de ese círculo mediante un segmento, el ángulo que forma tal segmento con respecto al radio que especifica el rojo puro (convencionalmente adoptada esta referencia) indica el tono del color representado en el espacio cilíndrico de HSI. Por otra parte, la distancia relativa del punto considerado al centro del círculo indica la saturación del color. Ésta fluctúa en rango [0,1].

Para interpretar un tono (Hue) de un color tratamos de averiguar cuál es la longitud de onda espectral (por ejemplo, medida mediante un colorímetro) que mejor se ajusta a ese tono. Dado que arbitrariamente hemos calculado el ángulo que especifica el tono con respecto del radio del tono rojo; si el tono es de 0° indica que es rojo, si el tono es de 120° es verde y si el tono es de 240° es azul. La Tabla 1 especifica otras mezclas aditivas a partir de las coordenadas RGB.

Hue (°)	RGB	Cualidad
0-60	A=0; R=255; V= 0 → 255	Rojo→Amarillo
60-120	A=0; V=255; R= 255 → 0	Amarillo→Verde
120-180	R=0; V=255; A= 0 → 255	Verde→Cyan
180-240	R=0; A=255; V= 255 → 0	Cyan→Azul
240-300	V=0; A=255; R= 255 → 0	Azul→Magenta
300-360	V=0; R=255; A= 255 → 0	Magenta→Rojo

Tabla 1. Conversión RGB a HSI. Puedes verificar esta tabla de equivalencias al ejecutar el programa "ColorRGB.EXE".

Obviamente dentro de este espacio HSI del color (cilíndrico) podemos medir la distancia entre dos colores cualquiera y se comprobaría como a distancias euclídeas iguales no corresponden distancias cromáticas iguales. Por ejemplo, si duplicamos o triplicamos la intensidad, no percibimos el doble o el triple de brillo, pero si altera nuestra percepción del tono cromático. Si, por ejemplo, reducimos la saturación a la ½ ó ¼, no percibimos el mismo color, etc.

Conversión RGB→HSI:

a) Obtención del valor *Tono* (H):

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{(R - G) + (R - B)}{2 \sqrt{(R - G)^2 + (R - B) \cdot (G - B)}} \right\}$$

Donde $0^\circ < H < 180^\circ$; Si: $\frac{B}{I} > \frac{G}{I} \Rightarrow H = 360^\circ - H$; Si: $H < 180 \Rightarrow H = H$;

Para: R= red; G= green; B= blu; I= Intensity.

b) Obtención de la *Intensidad* (I):

$$I = \frac{(R + G + B)}{3};$$

(Nota.- Si: $I = 0$; \Rightarrow S no definida, es decir, color negro).

c) Obtención de la *Saturación* (S):

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)];$$

(Nota.- Si: $S = 0$; \Rightarrow H no definido, es decir, acromático).

=====

EJERCICIOS DE MEZCLAS ADITIVAS DE COLOR

- Utiliza el programa "ColoRGB.EXE" para completar la Tabla que sigue, escribiendo qué color se obtiene cuando los componentes tricromáticos (R,G,B) tienen los siguientes valores:

COLOR	R	G	B
	0	0	0
	255	0	0
	0	255	0
	255	255	0
	0	0	255
	255	0	255
	0	255	255
	64	64	64
	192	192	192
	153	102	30
	250	160	30
	250	10	178
	153	102	178
	255	255	255

Los nombres de los colores, desordenados, son: Verde, Azul, Rojo, Blanco, Negro, Amarillo, Magenta, Marrón, Cyan, Gris-claro, Gris-oscuro, Púrpura, Rosa-pastel y Naranja-calabaza,.

- Utiliza el programa "ColoRGB.EXE" para completar la Tabla que sigue, escribiendo para cada color, los valores de matiz, brillo y saturación que estén asociados a cada uno de estos matices. Escribe solo dos decimales.

COLOR	MATIZ	SATURACION	BRILLO
Verde			
Azul			
Rojo			
Blanco			
Negro			
Amarillo			
Magenta			
Marrón			
Cyan			
Gris-claro			
Gris-oscuro			
Púrpura			
Rosa-pastel			
Naranja-calabaza			

*

*

*

PRACTICA-1

TITULO: Cuantificación del efecto H-K.

Autor: J. Antonio Aznar. (© 2001).

OBJETIVOS:

1. Aplicar el método psicofísico de "*estímulos constantes*", propuesto por G.T. Fechner. Si bien la intensidad del estímulo de comparación se ajusta a la del estímulo estándar, aquí, no se usa el método de '*Ajuste*'.
2. Comprender el valor adaptativo que tiene el color para la especie humana, permitiéndonos hacer clasificaciones, reconocimientos, tomar decisiones, etc., basadas en el color.
3. Evaluar la capacidad de los sujetos para ajustar el brillo de dos estímulos, uno cromático y otro acromático (efecto H-K), utilizando como dispositivo presentador de estímulos la pantalla del ordenador. Esta igualación en el brillo percibido (juicio sobre la luminancia) tendrá lugar sobre cuatro matices (rojo, verde, azul y amarillo) presentados, en cada ensayo, con diferentes intensidades luminosas. El ajuste del sujeto, mediante la barra de arrastre (Windows), que manipula la intensidad del estímulo (brillo), nos permitirá cuantificar en qué medida se produce el *efecto H-K* en estas condiciones de prueba.

INTRODUCCION

¿Qué es VER?. Para responder a esta pregunta es preciso aclarar dos errores, bastante arraigados, en los que suelen incurrir, las personas ajenas al estudio de la percepción visual humana. Ambos se relacionan con una interpretación equivocada de la realidad física o mundo real en que vivimos.

El primer error se pone de manifiesto, por ejemplo, cuando decimos: "esta mesa es verde" o "este coche es rojo". El error radica en considerar que el color es una propiedad del objeto, ya que el color no existe fuera de nuestras cabezas. Físicamente hablando, existe la *longitud de onda* de las luces que, al estimular los tres tipos de conos de que disponen los fotorreceptores humanos, interpretamos como matices cromáticos, es decir, la longitud de onda de la luz, de una cierta intensidad, nos provoca sensaciones cromáticas. Por tanto, el color es una propiedad de la respuesta perceptiva y no del objeto al que lo acostumbramos a asociar. Puede decirse que, el color, como la belleza o la bondad, sólo existe en la mente del perceptor.

El segundo error, más burdo si cabe que el primero, se manifiesta cuando expresamos frases como: "veo una mesa" o "veo un coche". Es falso, lo que veo no es una mesa o un coche, sino la distribución espacio-temporal de la luz que reflejan las superficies que conforman un determinado objeto al que hemos convenido (una comunidad lingüística) en denominar con la etiqueta semántica "mesa" o "coche". En efecto, no vemos la mesa en sí, sino que inferimos que hay una mesa a partir de una peculiar manera de reflejar la luz que tienen las caras (planos o superficies) de que consta ese objeto. Por tanto, debe quedar claro que, estrictamente hablando, no veo la materia (mesa o coche), sino la energía (la luz) que incide sobre dicha materia y refleja (en parte) esa materia. Ciertamente, disponemos de algunos sensores especializados en captar determinadas manifestaciones de la energía (radiante, mecánica, química), pero no en captar la materia tal y como la física la entiende. Sin embargo, si que es correcto decir, por ejemplo, "percibo una mesa", ya que percibir es más que ver, es interpretar lo que vemos.

La energía electromagnética que existe en el universo varía enormemente en longitud de onda, así, desde los *rayos cósmicos* ($\lambda = 10^{-3}$), pasando por los *rayos gamma* (γ), los *rayos X* ($\lambda = 1$), los *rayos UVA*, la *luz visible* ($\lambda = 10^3$), la *radiación infrarroja* (IR), los *rayos calóricos*, las *ondas*

de radar ($\lambda = 10^6$), hasta llegar a las ondas de TV y radio ($\lambda = 10^{12}$) y ondas electromagnéticas. La luz visible está constituida por una franja de Longitudes de onda del espectro radiante, que varía desde $\lambda = 380$ hasta los $\lambda = 760$ nm (nanómetros, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

La radiometría, la fotometría y la psicofísica visual miden aspectos relativos a las condiciones de iluminación. Desde estas especialidades se plantean cuestiones acerca de ¿cómo se mide la cantidad de luz que emite una fuente o que incide sobre un objeto o que sale reflejada de una superficie? y ¿la intensidad de la luz? y ¿la luz que llega al ojo del observador?.

De la medición cuantitativa de la luz como energía se ocupa una rama de la óptica Física llamada *radiometría*. Por ejemplo, para evaluar el costo económico de la energía consumida en una casa, habitualmente, la compañía eléctrica nos mide con un contador cuántos *watios* hemos gastado en un periodo de tiempo, como consecuencia de tener luces encendidas. Otras veces decimos que hemos puesto una lámpara de 100 *watios* para iluminar una habitación.

La *fotometría*, en cambio, evalúa el efecto visible, en un sujeto promedio, producido por la luz que ilumina un espacio. Así, por ejemplo, medimos el *flujo luminoso* en *lúmenes*, esto es, la luz visible que producen los *watios* consumidos. También, medimos en *candelas* la intensidad lumínica que sale de la fuente en una cierta dirección. E incluso, medimos en *luxes* la *iluminancia* que incide sobre una superficie y medimos en *nits* la *luminancia* y la *reflectancia* de la luz que llega al ojo proveniente de las fuentes luminosas o reflejada por las superficies opacas.

Para la medición radiométrica de los iluminantes (fuentes luminosas) se utilizan dos parámetros:

4. La Longitud de onda (λ), expresada en nanómetros (nm), que indica qué tipo de luz usamos ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).
5. La potencia (P), expresada en watios (W), que indica cuanta cantidad de luz usamos.

En general, puede decirse que los humanos percibimos las luces de diferentes Longitudes de onda con diferentes matices cromáticos. Así, una luz láser (pura) de $\lambda = 675$ nm la percibimos como de matiz rojo, mientras que una de $\lambda = 400$ nm la percibimos como de matiz violeta, y otra de $\lambda = 450$ nm con matiz azul, la de $\lambda = 480$ nm con matiz cyan, la de $\lambda = 525$ con matiz verde, la de $\lambda = 580$ nm con matiz amarillo y la de $\lambda = 585$ nm con matiz naranja. Para los humanos, luces de Longitud de onda menor de 380 nm y mayor de 760 las percibimos como ausencia de luz (oscuridad) y, en consecuencia, las interpretamos como negro. (Para aprender mejor estas nociones y comprender mejor el tema, ejecuta el programa "ColoRGB.EXE" y responde a las dos cuestiones que se plantean en el documento "La medición del color".).

No obstante, existen dos fenómenos perceptivos, todavía no bien comprendidos, que hacen que no pueda establecerse una correspondencia exacta entre longitud de onda (variable física) y matiz percibido (sensación o variable psicológica). Se trata de dos conocidos efectos, el efecto Bezold-Brücke y efecto Abney. En efecto, estos dos fenómenos muestran que las superficies que reflejan una misma longitud de onda pueden percibirse con diferente matiz.

- a) El *efecto Bezold-Brücke*: según el cuál cambia el matiz percibido por el sujeto ante una estimulación que deja constante la longitud de onda dominante y varía la intensidad de la luz incidente.
- b) El *efecto Abney*: según el cuál cambia el matiz percibido por el sujeto ante una estimulación que mantiene constante la longitud de onda dominante y varía la saturación de ese color.

(Para comprender mejor estos dos efectos, ejecuta el programa "Efectos.EXE" y responde a las cuestiones que se plantean).

En cuanto a la *potencia* de la energía luminosa, recordemos que es el parámetro que permite diferenciar dos o más luces por la cantidad de energía que emiten (o reflejan) y que está magnitud radiométrica, tiene sus complementarias magnitudes fotométricas (luminancia,

reflectancia). No obstante, sabemos por el estudio del contraste percibido (cromático y acromático) que dos superficies que reflejan el mismo porcentaje de luz, es decir con la misma reflectancia física (fotométrica), pueden percibirse con diferente contraste (diferencia de claridad entre regiones vecinas). Por tanto, tampoco existe una correspondencia exacta entre la potencia de la luz (o cualquier otra medida física de su intensidad) y el brillo, la claridad o el contraste percibido al observar un estímulo iluminado.

Existe un tercer efecto que relaciona estos dos parámetros de la luz, la longitud de onda y la potencia, o para expresarlo en términos psicológicos (de sensación), el matiz y el claridad (o el brillo), ya que se trata de un efecto perceptivo, se trata del *efecto Helmholtz-Kohlraus* (o efecto H-K). Así llamado en honor a sus descubridores (Helmholtz, 1896 y Kohlraus, 1923). Este efecto viene a decirnos que, aunque dos estímulos tengan la misma reflectancia (mandan a la retina la misma cantidad de luz) tienden a percibirse más claros los estímulos cromáticos que los acromáticos (Kaiser, 1986; Nayatami, Sobagaki y Hashimoto, 1994). Por ejemplo, aunque un fotómetro revele que la reflectancia de una mancha gris es de 20 nits y la de otra mancha azul es también de 20 nits, los sujetos suelen considerar más clara la mancha azul que la gris.

Otra consecuencia producida por la misma causa que provoca el Efecto H-K es el hecho de que los estímulos luminosos cromáticos, por lo común, parecen que tienen más brillo que los acromáticos.

A pesar del tiempo transcurrido desde su descubrimiento, este fenómeno perceptivo sigue sin poderse explicar completamente, por lo que su investigación está justificada y continua teniendo vigencia su estudio (por ejemplo, Mayatami, 1998). Así pues, actualmente, no es posible predecir la fuerza del Efecto H-K ante diferentes tipos de iluminantes, a pesar de haberse llevado a cabo varias investigaciones para evaluarla.

En definitiva, a lo largo del siglo XX, ha quedado al descubierto la incapacidad manifiesta de la fotometría convencional (Física) para explicar la percepción del brillo, la claridad y el contraste (Wasserman, 1982; Lynes, 1996). Como pretende reflejar esta práctica perceptual, es la psicofísica, como rama de la psicología experimental, la disciplina que aborda esta problemática en nuestros días. Por ello, aquí trataremos de evidenciar la magnitud del error cometido ante el denominado Efecto H-K, utilizando como iluminante el CRT (Tubo de Rayos Catódicos) del monitor del ordenador.

PROBLEMA:

En este contexto teórico, podemos preguntarnos ¿cuál es la más pequeña diferencia en brillo que somos capaces de discriminar entre un estímulo cromático y otro acromático?. Para tratar de responder a estas cuestiones hemos diseñado un experimento en el que los sujetos deben igualar, en cuanto a brillo, dos muestras, una cromática (R,G,B,Y) y otra acromática (B-N). Es decir, el *efecto H-K*.

APARATOS

Un ordenador PC compatible con IBM, con un procesador Pentium a 166 Mhz. y tarjeta gráfica Super VGA. El software específico ha sido elaborado en Lenguaje de programación C++ (Borland) por el Dr. J. Antonio Aznar (Universitat de Barcelona) y ha colaborado el Dr. Julio Lillo Jover (Universidad Complutense de Madrid).

ESTÍMULOS:

Los estímulos utilizados eran rectángulos de dimensiones 32 x 45 mm (Ancho x Alto) rellenos de un color uniforme. En la Figura que sigue se muestra un ejemplo de éstos, así como el dispositivo de ajuste o barra de Windows, que podía fluctuar en un rango entre 0 y 255 niveles.

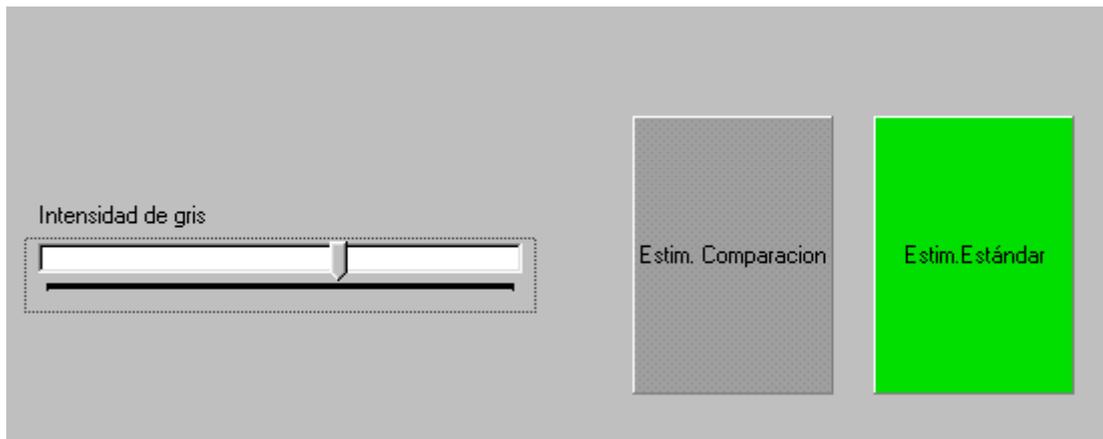


FIGURA 14.- Estímulo estándar y estímulo de comparación. Dispositivo de ajuste mediante arrastre de la barra de Windows.

VARIABLES

Las variables independientes que utilizaremos para cuantificar el error de estimación perceptiva al juzgar el brillo de dos estímulos son los parámetros estimulares (los que permiten describir al estímulo):

1. El *matiz* del color, sensación cromática provocada por la luz de una cierta longitud de onda. Concretamente, el estímulo estándar puede ser de uno de estos cuatro matices: rojo, verde, azul o amarillo.
2. La *intensidad* del color (variable física) expresada en rango Byte, es decir que fluctúa entre 0-255 niveles de intensidad. En el momento de construir la función psicofísica le llamaremos Valor Real.

La variable dependiente o respuesta del sujeto es:

3. El Valor Asignado de Brillo parte del Sujeto, expresado en rango Byte (entre 0 y 255 niveles) y que el sujeto produce al arrastrar la barra de Windows.

A partir de estas variables podemos calcular el Error de estimación del brillo, definido operacionalmente como la diferencia entre el valor real de luminancia y el valor de sensación asignado por el sujeto. Este Error podría ser un indicador de nuestra habilidad para enjuiciar el brillo de las superficies.

APLICACION DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL:

Un programa de ordenador presenta las instrucciones de la Prueba y dirige la secuencia experimental, mostrando los estímulos en orden aleatorio y registrando las respuestas de éstos. En primer lugar, y a modo de familiarización del sujeto con los estímulos, se realizan cuatro ensayos de entrenamiento, utilizando los cuatro matices diferentes que actúan como estímulos con ciertos valores de luminancia. El sujeto experimental DEBERA FIJARSE MUY BIEN en el brillo de estos estímulos y, al arrastrar la barra de Windows, varía el brillo del estímulo acromático (gris) hasta lograr igualar al brillo del estímulo cromático.

Seguidamente, se aplica la Prueba propiamente dicha (experimento), realizándose en total 120 ensayos,.

La distancia de observación de los sujetos es en torno a 45 cm. Las instrucciones que reciben los sujetos al comenzar el experimento se expresaban en los siguientes términos:

INSTRUCCIONES GENERALES:

" Mediante esta prueba se pretende evaluar tu capacidad para juzgar el brillo de estímulos cromáticos o acromáticos. Una vez te has identificado (DNI), debes hacer click sobre el botón

ENTRENAMIENTO. En ese momento, aparecerán en la pantalla, dos rectangulos (estímulos), de dos tipos:

- 1) El rectángulo de la derecha, con el estímulo estándar, relleno de un cierto color.
- 2) El rectángulo de la izquierda, con el estímulo de comparación, que debes rellenar tu.

Tu tarea consiste en ajustar el color del estímulo de comparación, arrastrando la barra, hasta lograr que sea un GRIS con igual brillo que el estímulo estándar.

Tras un breve entrenamiento (4 ensayos) en esta tarea, comenzarás el EXPERIMENTO.

Para ello, debes hacer click sobre el botón EXPERIMENTO.

NO, te olvides de comenzar haciendo click sobre el boton IDENTIFICACION."

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

En los experimento diseñados para investigar la claridad visual, el sujeto observa simultáneamente dos entornos visuales (estímulos) del mismo tamaño (por ejem., dos escaparates vacíos) que están siendo iluminados mediante dos tipos de luces distintas. La tarea del sujeto consiste en ajustar la iluminación de un estímulo (de comparación) hasta lograr que iguale, en lo posible, a la del otro estímulo (estándar). Debe advertirse a los sujetos que, aunque no es posible lograr que la iluminación de los dos entornos sea idéntica visualmente, deben ajustar la intensidad de la luz que emite uno de ellos hasta conseguir que ambas se asemejen al máximo. Una vez logrado este ajuste, ambos estímulos pueden considerarse, a juicio del sujeto (o sea, subjetivamente), como equivalentes.

Hemos diseñado un experimento en el que los sujetos deben hacer una igualación heterocromática, esto es, ajustar el brillo de un estímulo acromático (estímulo de comparación) al brillo de otro estímulo cromático (estímulo estándar). Más concretamente, el sujeto debe ajustar el brillo de un estímulo acromático (gris) al de otro estímulo rojo, o verde, o azul, o amarillo. Los diez valores de intensidad de cada matiz muestreados son: 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 y 250 unidades (rango Byte). Por tanto, el diseño experimental se adecúa a la siguiente fórmula:

$$4 \text{ (matices)} \times 10 \text{ (intensidades)} \times 3 \text{ (repeticiones)} = 120 \text{ ensayos}$$

El número de repeticiones (N= 20) indica la garantía de que la probabilidad empírica de que un cierto ajuste (promediando las 20 repeticiones de una misma intensidad) tienda hacia la probabilidad teórica. Es decir, cuanto mayor sea N, mayor precisión obtenemos en la medida, contrarrestándose, así, los errores de sobre-estimación (supra-valoración) con los de infra-estimación (sub-valoración).

DESCRIPCION DE LA HOJA DE DATOS BRUTOS

Para autoaplicarte este experimento, no te olvides llevar un diskette HD de 3,5", ya que, en otro caso no podras guardar los datos registrados al realizar el experimento.

Al imprimir el fichero de datos que has salvado en el drive A:, obtendrás una hoja de datos, en la que aparecen cuatro columnas que pasamos a describir.

1. En la primera columna consta el número de ensayo (del 1 al 120).
2. En la segunda columna el número de estímulo, el cual especifica el orden de presentación de los 40 estímulos resultantes de combinar 4 matices x 10 intensidades. Deberás observar que cada uno de estos 40 estímulos se repite 3 veces a lo largo de la Prueba.

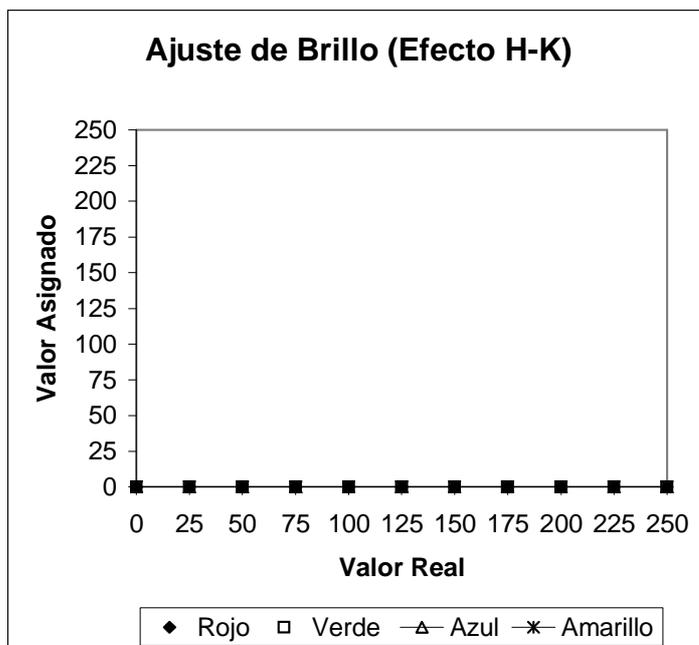
3. En la tercera columna tenemos la Intensidad del estímulo estándar, expresada en rango Byte: 0-255.
4. En la cuarta columna tenemos la Intensidad del estímulo de comparación, también expresada en rango Byte: 0-255. Por tanto, esta columna indica la respuesta del sujeto.
5. En la quinta columna se registra el tiempo de ejecución de cada ensayo, expresado en segundos.

TRABAJO DEL ALUMNO:

1. Completa la Tabla resumen de datos, que se muestra a continuación, atendiendo a las siguiente sugerencia: para cada matiz y para cada intensidad, calcula el promedio de brillo al que ajustaste el estímulo de comparación en las tres veces que te fue mostrado.

Intensidad	Brillo (Rojo)	Brillo (Verde)	Brillo (Azul)	Brillo (Amarillo)
25				
50				
75				
100				
125				
150				
175				
200				
225				
250				

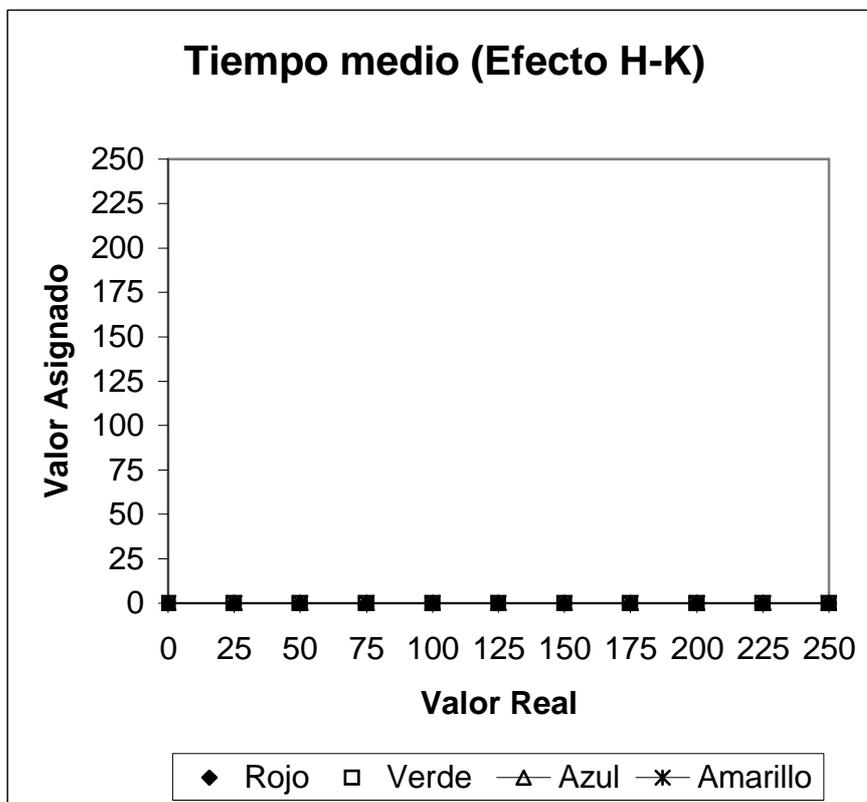
2. Representa gráficamente los datos de la Tabla anterior (Brillo) mediante cuatro líneas poligonales, una para cada matiz. Pon en el eje de abscisas el Valor Real de intensidad del estímulo (estándar) y en el eje de ordenadas el Valor asignado por el sujeto mediante el ajuste de la barra de Windows (estímulo de comparación).



- Al observar la gráfica anterior, extrae las conclusiones pertinentes de tus propios datos. Relaciona esta interpretación de los resultados con el marco teórico introductorio a esta práctica.
- Completa esta otra Tabla de datos, que se muestra más abajo. Análogamente a la tabla anterior, escribe el tiempo medio (promedio) de ejecución en cada caso.

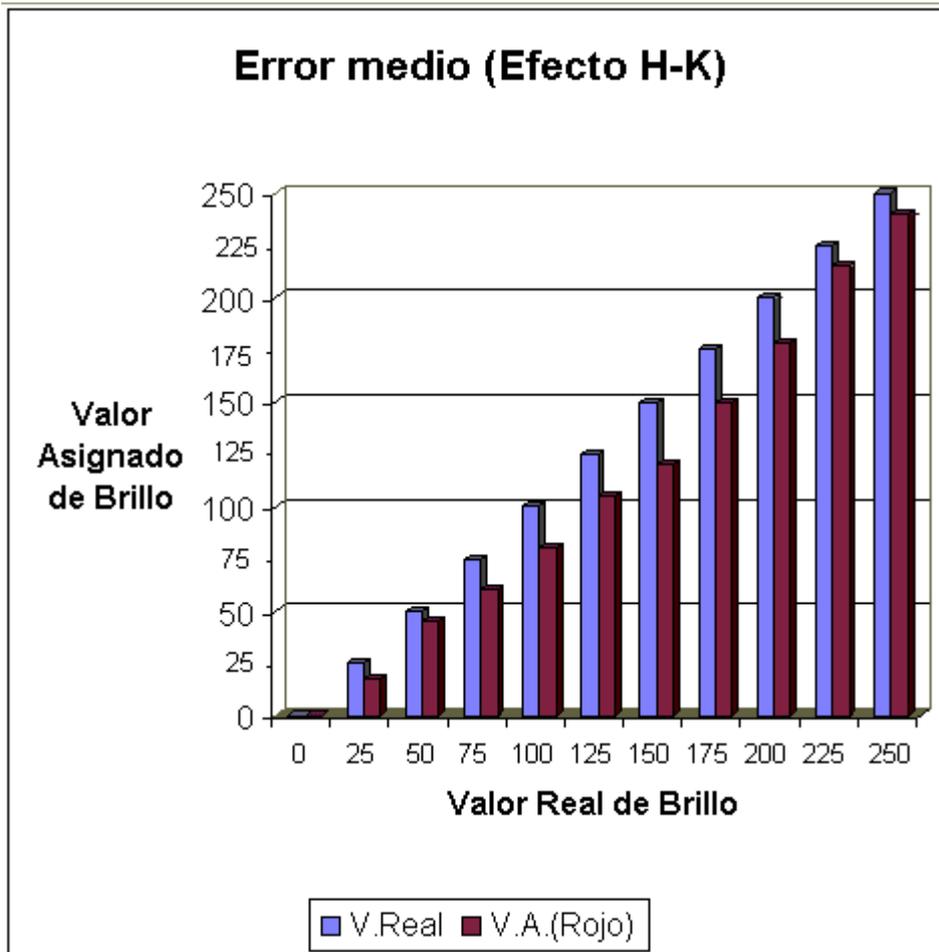
Intensidad	Tiempo (Rojo)	Tiempo (Verde)	Tiempo (Azul)	Tiempo (Amarillo)
25				
50				
75				
100				
125				
150				
175				
200				
225				
250				

- Representa gráficamente los datos de la Tabla anterior (Tiempo medio) mediante cuatro líneas poligonales, una para cada matiz. Pon en el eje de abscisas el Valor Real de intensidad del estímulo (estándar) y en el eje de ordenadas el Valor asignado por el sujeto mediante el ajuste de la barra de Windows (estímulo de comparación).



6. Al observar la gráfica anterior, extrae las conclusiones pertinentes de tus propios datos. Relaciona esta interpretación de los resultados con el marco teórico introductorio a esta práctica.
7. Representa gráficamente, en cuatro diagramas de barras (uno por cada matiz), el Error promedio cometido en las estimaciones o ajustes del brillo, en cada condición.

(Véase a modo de ejemplo)



8. Extrae las correspondientes conclusiones sobre el efecto H-K.

* * * *

FIN

* * * *