

9. DISTANCIA VISUAL

- 9.1. Factores empíricos de profundidad.
- 9.2. Factores binoculares de profundidad. Estereopsis.
- 9.3. Principio del funcionamiento de los estereoscopios.
- 9.4. Estereoagudeza.
- 9.5. Estereopsis bajo diferentes condiciones de estimulación.

9.1 FACTORES EMPÍRICOS DE PROFUNDIDAD

La estereopsis es el fenómeno de percepción que proporciona la mejor información y la más precisa, acerca de la distancia relativa de un objeto respecto a otro. En ocasiones, con la intención de simplificar la nomenclatura, se utiliza el término de “percepción de profundidad” como sinónimo de “estereopsis”. Sin embargo, estos dos términos no son sinónimos. La prueba la tenemos en pacientes con visión monocular que pueden emitir juicios sobre las distancias relativas de los objetos en el espacio y sin embargo NO presentan estereopsis.

Si analizamos las definiciones de ambos conceptos, veremos en dónde residen las diferencias:

- **Percepción de profundidad:** percepción de diferencias relativas o absolutas, en la distancia entre el observador y los objetos.
- **Estereopsis:** percepción visual binocular del espacio tridimensional, basado en la disparidad retiniana.

Mientras que en la definición de percepción de profundidad no aparecen los conceptos de visión binocular ni de disparidad retiniana, son imprescindibles para referirse a la estereopsis. Por lo tanto, tal y como se había comentado anteriormente, se puede obtener una percepción de profundidad de forma monocular.

Si se realiza la prueba de ocluir un ojo y observar objetos a diferentes distancias, seremos capaces de percibir las distancias relativas entre ellos gracias a una serie de factores empíricos.

Estos factores empíricos no están ligados a la visión estereoscópica y sin embargo proporcionan información sobre las distancias absolutas y relativas de los objetos. Los podemos dividir en:

- **Factores monoculares:**
 - *tamaño aparente*
 - *perspectiva aérea*
 - *perspectiva geométrica*
 - *luces y sombras*
 - *interposición*
 - *paralaje del movimiento*
- **Factores oculomotores:**
 - *acomodación*
 - *convergencia*

9.1.1 Factores empíricos de profundidad monoculares

Son un conjunto de conceptos psicológicos de profundidad obtenidos a través de la experiencia personal. Los más significativos son:

Tamaño aparente: el tamaño angular de un objeto viene determinado por la diferencia en la dirección visual de las partes más extremas del mismo. A partir de dicho tamaño angular, obtendremos una percepción del tamaño real del objeto si conocemos la distancia a la que se halla. A esta percepción se le denomina tamaño aparente.

En cualquier caso, es evidente la íntima relación entre tamaño aparente y distancia percibida de un objeto determinado del campo visual. Esta relación queda perfectamente reflejada en el enunciado de la ley de Emmert: “*el tamaño aparente de un objeto*

es directamente proporcional a la distancia a la que es percibido". Sin embargo, cuando el objeto es desconocido, la estimación de la distancia puede tener asociado un error considerable.

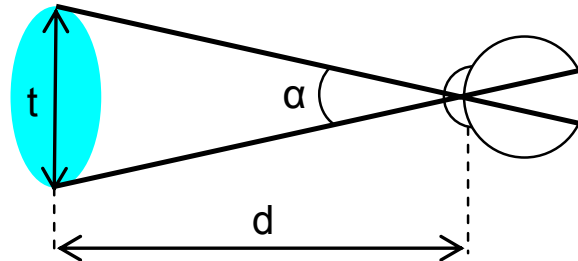


Figura 9.1.1.1 Conociendo d se puede estimar la medida aparente del objeto. Del mismo modo, si conocemos t se puede estimar la distancia aparente.

La disminución de la medida de la imagen retinal de un objeto que nos es familiar no se interpreta como un objeto que disminuye a pesar de diferencias de distancia, y esto es conocido como *constancia de medida*. Para que esto suceda, el tamaño de la imagen retiniana debe ser un factor secundario en la decisión para determinar la medida del objeto.

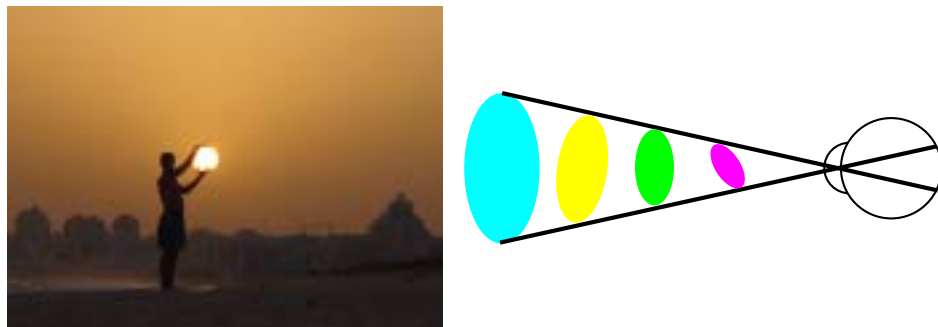


Figura 9.1.1.2 Un error en la estimación de la distancia puede generar errores considerables.

Perspectiva aérea: se basa en la tendencia que poseen los objetos distantes a volverse de un tono azulado a causa del vapor de agua, gases e impurezas de la atmósfera. Estas partículas interfieren con los rayos de luz procedentes de un objeto y crean

errores en la percepción de las distancias, porque se pierde nitidez de los contornos y de los colores.

Perspectiva geométrica: La perspectiva que nos proporciona un punto de fuga puede orientarnos acerca de la posición de los objetos.



Figura 9.1.1.3 Ejemplo de perspectiva geométrica.

También es similar el concepto de *altura relativa*; si comparamos dos imágenes situadas en un plano separadas por una línea horizontal y ordenados en diagonal, podremos observar que parece que los objetos situados por encima de la línea se encuentren más alejados.

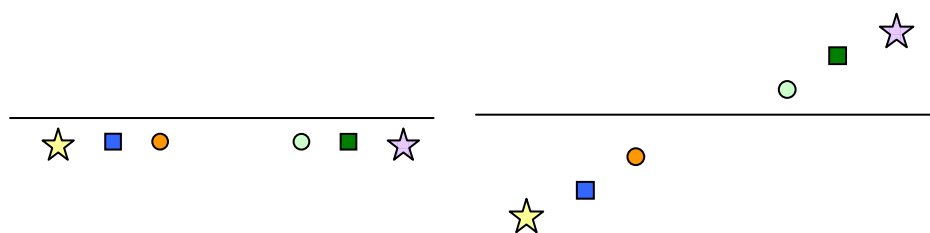


Figura 9.1.1.4 Altura relativa

Luces y sombras: en general, las sombras nos ayudan a que los objetos tengan apariencia tridimensional. Además, el más brillante de una serie de objetos suele aparecernos como más próximo y el más oscuro o menos iluminado suele ser el más alejado.

La figura 9.1.1.5 nos ayuda a entender que el criterio que acostumbramos a tener es que la luz siempre llega desde delante y esto nos puede cambiar en gran medida la percepción.

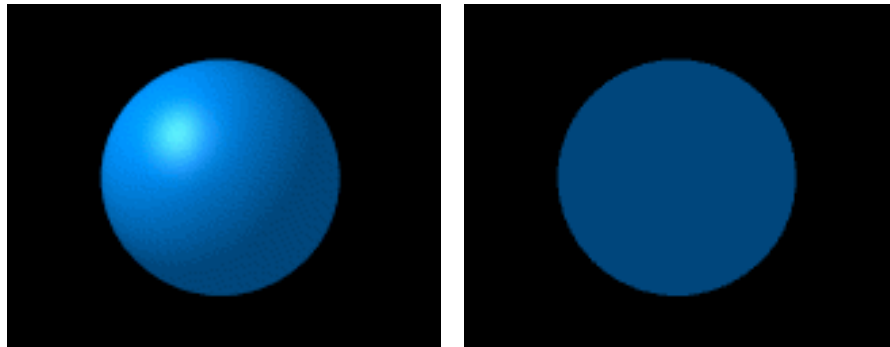


Figura 9.1.1.5 La iluminación y las sombras también pueden cambiar la percepción.

Interposición: si tenemos dos objetos situados de tal modo que uno de ellos cubre parte del otro, interpretamos que el primero está más cerca.

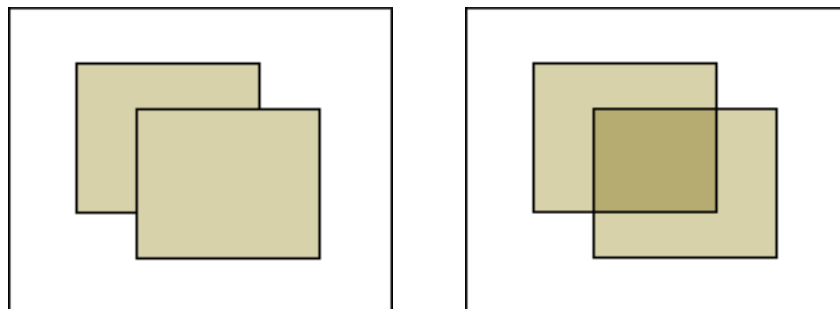


Figura 9.1.1.6 La interposición es una de las referencias que más habitualmente usamos en el cálculo de las distancias.

Paralaje de movimiento: cuanto más cerca está un objeto, tanto más cambia su dirección con respecto al observador al moverse este. Cuando quedan a la vista muchos objetos situados a distancias diferentes, el movimiento del observador produce también un cambio en las respectivas direcciones de las cosas entre sí, que podría servir de fuente de información sobre la profundidad.

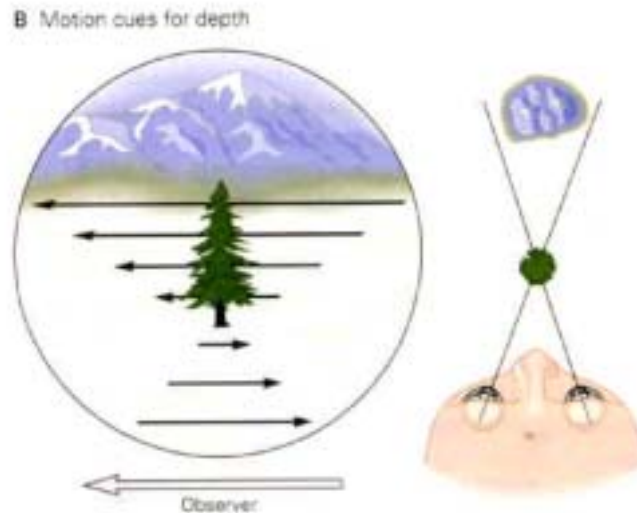


Figura 9.1.1.7 Paralaje de movimiento.

9.1.2 Factores empíricos de profundidad oculomotores

Acomodación: evidentemente las diferencias entre imágenes borrosas e imágenes nítidas pueden ayudar a determinar profundidades. Cuando el sistema visual activa la acomodación asocia que está observando un objeto más cercano pero no es un sistema demasiado preciso. Esta falta de precisión es debida a tres factores: *la profundidad de campo* permite obtener mayor nitidez y altera esta referencia, *el retardo acomodativo* existente normalmente permite tener relajada un poco la acomodación al enfocar los objetos y por el último, *las oscilaciones de la acomodación*. Además en distancias lejanas hay una sensibilidad máxima de ± 0.50 D.

Convergencia: los cambios de fijación de un punto a otro implican cambios en el ángulo de convergencia y por lo tanto, cambios en el estado de contracción de los músculos extrínsecos.

A partir de estos factores empíricos monoculares y oculomotores, es posible determinar las distancias absolutas y las distancias relativas. La distancia absoluta es la estimación de la distancia que existe entre un objeto y el egocentro, mientras que la distancia relativa es la relación de distancias entre objetos. Juntas, nos permiten obtener la percepción en profundidad.

9.2 FACTORES BINOCULARES DE PROFUNDIDAD

Los factores binoculares que proporcionan información de profundidad los clasificaremos en función de si el objeto NO fijado se encuentra dentro o fuera del espacio de panum.

- Cuando el objeto no fijado cae fuera del área de panum, estamos ante la *diplopia fisiológica*. Diplopia que tiene lugar en condiciones normales de visión binocular par los objetos NO fijados, las imágenes de los cuales estimulan puntos retinianos no correspondientes fuera del área de Panum. El signo de la diplopia (cruzada, cuando la imagen que percibe el OD es vista a la izquierda de la que imagen que percibe el OI, u homónima cuando la imagen que percibe el OD es vista a la derecha de la imagen que percibe el OI) nos aporta información de si los objetos se encuentran más alejados o más próximos que el punto de fijación. Sin embargo la magnitud de la diplopia da información del módulo de la distancia. A mayor separación entre las imágenes diplópicas, más grande es la distancia.
- Cuando el objeto no fijado se encuentra dentro del área de panum, estamos ante la *disparidad de binocular*. Esta “separación” entre estímulos dentro del área de panum son clave para que la estereopsis poder llegar a ser la percepción visual binocular del espacio tridimensional.

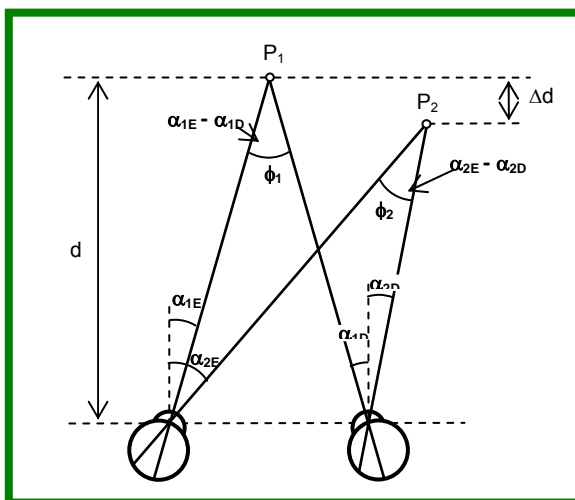


Figura 9.2.1 Esquema de disparidad binocular.

La disparidad binocular se puede calcular como:

$$\begin{aligned} DB &= (\alpha_{2E} - \alpha_{1E}) - (\alpha_{2D} - \alpha_{1D}) \\ &= (\alpha_{2E} - \alpha_{2D}) - (\alpha_{1E} - \alpha_{1D}) \cong \frac{\text{dip } \Delta d}{d^2} \end{aligned}$$

Si el resultado es un valor positivo indicará que está más próximo que P1 pero si es de signo negativo indicará que está más alejado que P1.

9.3 PRINCIPIO DEL ESTEREOSCOPIO

La visión estereoscópica es una propiedad de la visión binocular y aunque monocularmente podamos suplantar con la percepción en profundidad, realmente no existe la visión estereoscópica monocularmente.

Los estereoscopios son aparatos que permiten obtener la sensación de profundidad con la presentación de dos imágenes *ligeramente distintas* en dos dimensiones, una para cada ojo.

Esta sensación de profundidad que tenemos en condiciones normales, es debido a que cada uno de los ojos recibe información del objeto desde una perspectiva diferente (los centros de perspectiva son los centros nodales). Por lo tanto, en el estereoscopio, para simular esta situación se presentan dos imágenes separadas que ya llevan “incorporada” esta perspectiva diferente generando así la sensación de profundidad.

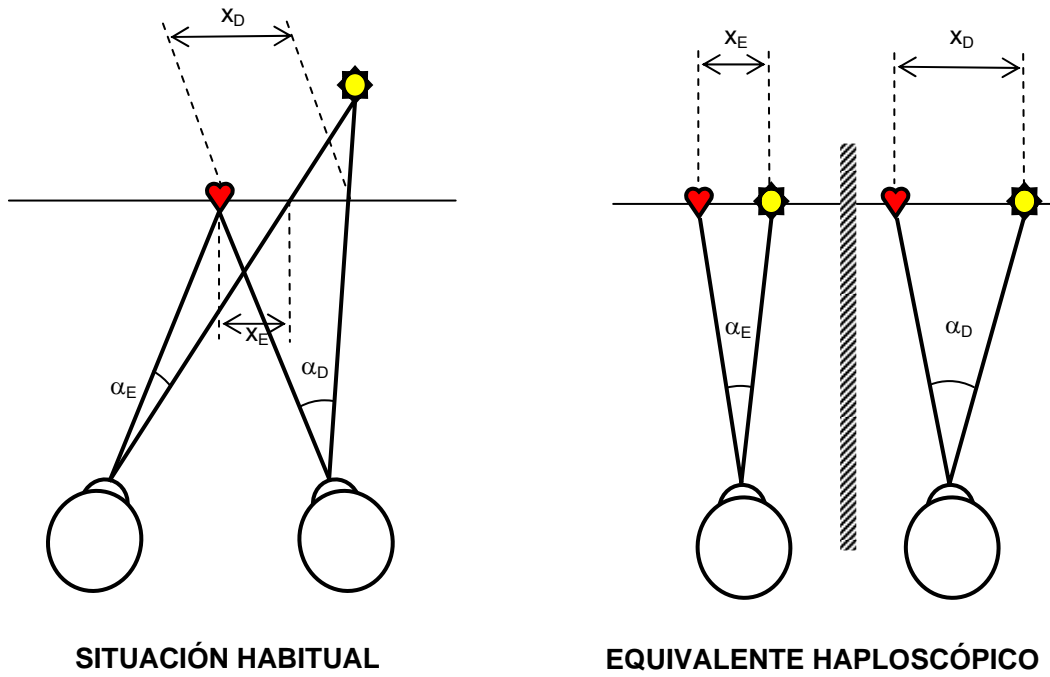


Figura 9.3.1 Principio de los estereoscopios.

Es posible calcular esta disparidad binocular mediante la separación $X_E - X_D$. A menor disparidad sea capaz de percibir el paciente como estereopsis, mayor grado de estereopsis tendrá.

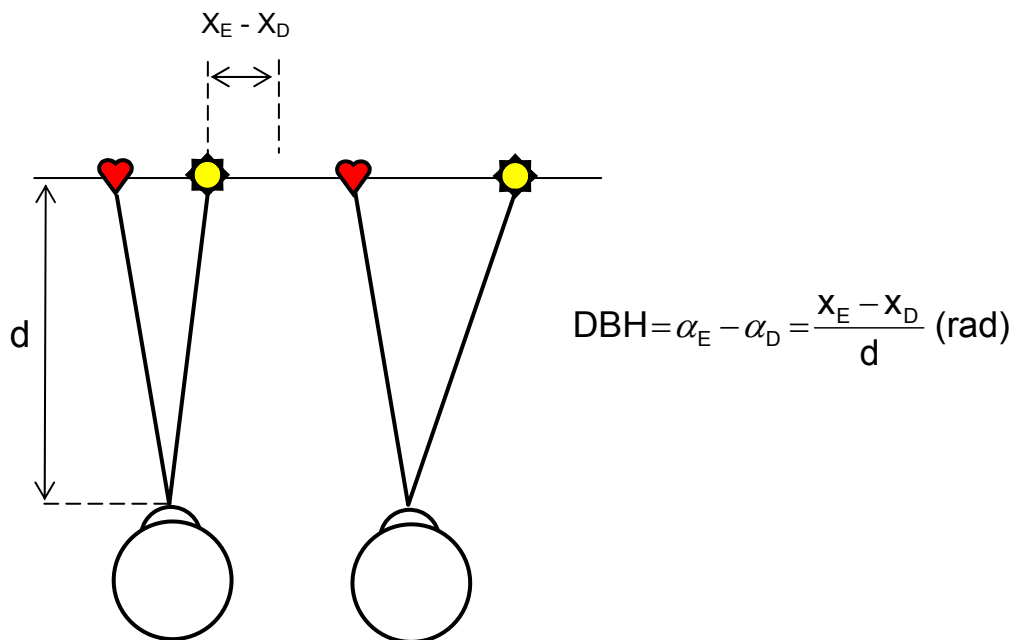


Figura. 9.3.2 Cálculo de DBH

9.4 ESTEROAGUDEZA Ó AGUDEZA VISUAL ESTEREOSCÓPICA

La estereoagudeza se define como la mínima diferencia de distancias en que dos objetos son percibidos en posiciones diferentes, expresado en unidades angulares. Es decir, la mínima disparidad binocular que somos capaces de percibir. Viene dada por:

$$AVE = \left| \frac{\text{dip } \Delta d_{\text{mín}}}{d^2} \right| \frac{648000}{\pi} \text{ (")}$$

La estereoagudeza depende de diversos factores como:

- *luminancia del fondo*
- *del tamaño angular*
- *de la duración del estímulo*
- *de la excentricidad*