



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE BARQUISIMETO
“DR LUIS BELTRÁN PRIETO FIGUEROA”



**Obtención De Valores De Dioptría De Miopía Con Materiales
Del Laboratorio De Óptica**

Autor:

Virgilio Villavicencio

Tutor: Prof. Cruz Díaz

Barquisimeto, Marzo del 2012

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme vida y salud para llegar y lograr esta meta en mi vida personal y profesional.

A mi esposa y mi hijo por todo su apoyo y ayuda durante toda mi carrera, Muchas gracias por estar siempre conmigo en todo momento.

A mi mama por brindarme su apoyo en los momentos que lo necesite de ti. Gracias.

Al Julio Hernández por toda la colaboración prestada durante el desarrollo de esta investigación.

Al Prof. Cruz Díaz y Prof. Gustavo Alcalá por todos sus consejos y aporte para lograr concluir con éxito esta investigación.

A todas aquellas personas que prestaron su colaboración para la realización de esta investigación

INDICE GENERAL

	pp.
AGRADECIMIENTO.....	ii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
Metodología del Trabajo.....	49
Resultados Obtenidos.....	54
III. CONCLUSIONES.....	59
REFERENCIAS	60

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Índices De Refracción De Diversas Sustancias.....	5
2. Equivalencias de agudeza visual en distintas notaciones	53

LISTA DE FIGURAS

Figura

Pág.

1. Principio de Huygens del Comportamiento de la Luz	3
2. Comportamiento de la onda de luz para explicar la ley de Snell.....	11
3. Partes de ojo que participan en la desarrollo de la vista.....	15
4. Corte transversal del ojo donde se muestran las partes del mismo	15
5. Diagrama de rayos de un ojo para imagen en el infinito.....	33
6. Diagrama de rayo de un ojo donde se muestran los ángulos.....	33
7. Diagrama de rayos para la formación de imágenes en una lente.....	35
8. Diagrama de rayo para obtención de dioptría de lente.....	38
9. Se muestra diagrama de rayo de los lentes.....	39
10. Algunos tipos de lentes acromáticas	40
11. Diagrama de una distorsión de imagen causada por aberración.....	41
12. Lentes esféricas convexas o positivas	42
13. Lentes esféricas cóncavas o negativas	43
14. Diagrama de un ojo con miopía	46
15. Diagrama de la corrección de la miopía por medio de una lente	46
16. Optotipo de Serle	50
17. Caja de prueba	50
18. Montura prueba.....	50
19. Porta lentes.....	50

Introducción

La luz es una forma de energía que emiten los cuerpos luminosos y que

percibimos mediante el sentido de la vista. La luz emitida por las fuentes luminosas es capaz de viajar a través de materia o en ausencia de ella, aunque no todos los medios permiten que la luz se propague a su través.

Desde este punto de vista, las diferentes sustancias materiales se pueden clasificar en opacas, traslúcidas y transparentes. Aunque la luz es incapaz de traspasar las opacas, puede atravesar las otras. Las sustancias transparentes tienen, además, la propiedad de que la luz sigue en su interior trayectorias definidas. Éste es el caso del agua, el vidrio o el aire. En cambio, en las traslúcidas la luz se dispersa, lo que da lugar a que a través de ellas no se puedan ver las imágenes con nitidez. El papel vegetal o el cristal esmerilado constituyen algunos ejemplos de objetos traslúcidos.

En un medio que además de ser transparente sea homogéneo, es decir, que mantenga propiedades idénticas en cualquier punto del mismo, la luz se propaga en línea recta. Esta característica, conocida desde la antigüedad, constituye una ley fundamental de la óptica geométrica. Dado que la luz se propaga en línea recta, para estudiar los fenómenos ópticos de forma sencilla, se acude a algunas simplificaciones útiles. Así, las fuentes luminosas se consideran puntuales, esto es, como si estuvieran concentradas en un punto, del cual emergen rayos de luz o líneas rectas que representan las direcciones de propagación. Un conjunto de rayos que parten de una misma fuente se denomina haz. Cuando la fuente se encuentra muy alejada del punto de observación, a efectos prácticos, los haces se consideran formados por rayos paralelos. Si por el contrario la fuente está próxima la forma del haz es cónica.

La naturaleza de la luz ha sido objeto de la atención de filósofos y científicos desde tiempos remotos. Ya en la antigua Grecia se conocían y se manejaban fenómenos y características de la luz tales como la reflexión, la refracción y el

carácter rectilíneo de su propagación, entre otros. No es de extrañar entonces que la pregunta ¿qué es la luz? se planteara como una exigencia de un conocimiento más profundo. Los griegos primero y los árabes después sostuvieron que la luz es una emanación del ojo que se proyecta sobre el objeto, se refleja en él y produce la visión. El ojo sería, pues, el emisor y a la vez el receptor de los rayos luminosos.

Isaac Newton (1642-1727) se interesó vivamente en los fenómenos asociados a la luz y los colores. A mediados del siglo XVII, propuso una teoría o modelo acerca de lo que es la luz, cuya aceptación se extendería durante un largo periodo de tiempo. Afirmaba que el comportamiento de la luz en la reflexión y en la refracción podría explicarse con sencillez suponiendo que aquella consistía en una corriente de partículas que emergen, no del ojo, sino de la fuente luminosa y se dirigen al objeto a gran velocidad describiendo trayectorias rectilíneas. Empleando sus propias palabras, la luz podría considerarse como «multitudes de inimaginables pequeños y velocísimos corpúsculos de varios tamaños».

Con el auxilio de algunas suposiciones un tanto artificiales, consiguió explicar también los fenómenos de la refracción, afirmando que cerca de la superficie de separación de dos medios transparentes distintos, los corpúsculos luminosos sufren unas fuerzas atractivas de corto alcance que provocan un cambio en la dirección de su propagación y en su velocidad. Aunque con mayores dificultades que las habidas para explicar la reflexión, logró deducir las leyes de la refracción utilizando el modelo corpuscular.

Por otra parte el físico Christian Huygens (1629-1695) dedicó sus esfuerzos a elaborar una teoría ondulatoria acerca de la naturaleza de la luz que con el tiempo vendría a ser la gran rival de la teoría corpuscular de su contemporáneo Newton.

Huygens supuso que todo objeto luminoso produce perturbaciones en el éter, al igual que un silbato en el aire o una piedra en el agua, las cuales dan lugar a ondulaciones regulares que se propagan a través en todas las direcciones del

espacio en forma de ondas esféricas. Además, según Huygens, cuando un punto del éter es afectado por una onda se convierte, al vibrar, en nueva fuente de ondas.

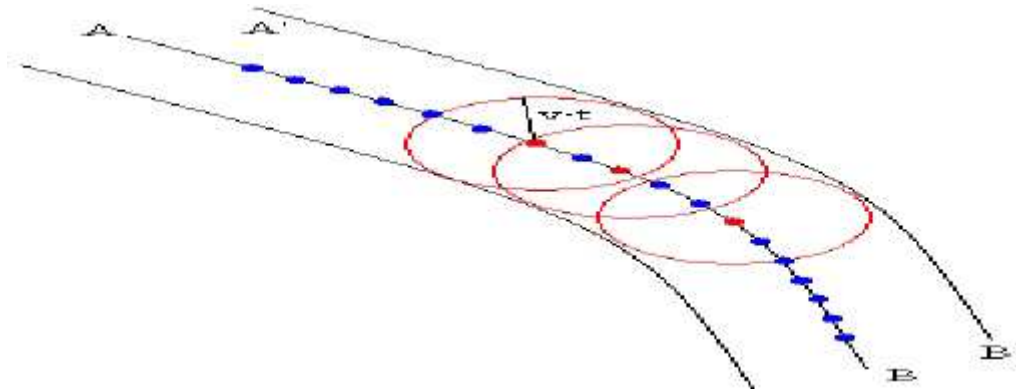


Figura 1. Principio de Huygens del Comportamiento de la Luz.

Supongase que conocemos la forma del frente de ondas inicial AB. Sobre el frente situamos varias fuentes de ondas secundarias señaladas por puntos de color rojo y azul. Sea v es la velocidad de propagación en el punto donde está situada la fuente secundaria de ondas. Para determinar la forma del frente de ondas A'B' en el instante t , se traza una circunferencia de radio $v \cdot t$, centrada en cada una de las fuentes (en color rojo). La envolvente de todas las circunferencias es el nuevo frente de ondas en el instante t . El radio de las circunferencias será el mismo si el medio es homogéneo e isótropo, es decir, tiene las mismas propiedades en todos los puntos y en todas las direcciones

El físico escocés James Clerk Maxwell en 1865 situó en la cúspide las primitivas ideas de Huygens, aclarando en qué consistían las ondas luminosas. Al desarrollar su teoría electromagnética demostró matemáticamente la existencia de campos electromagnéticos que, a modo de ondas, podían propagarse tanto por el espacio vacío como por el interior de algunas sustancias materiales.

Maxwell identificó las ondas luminosas con sus teóricas ondas electromagnéticas, prediciendo que éstas deberían comportarse de forma semejante a como lo hacían aquéllas. La comprobación experimental de tales predicciones vino en 1888 de la mano del físico alemán Henrich Hertz, al lograr situar en el espacio campos electromagnéticos viajeros, que fueron los predecesores inmediatos de las actuales ondas de radio. De esta manera se abría la era de las telecomunicaciones y se hacía buena la teoría de Maxwell de los campos electromagnéticos.

Dentro del marco de las propiedades de la Luz se tiene la refracción que es el cambio de velocidad que experimenta un rayo de luz cuando pasa de un medio transparente a otro también transparente. Este cambio de velocidad está originado por la distinta velocidad de la luz en cada medio.

Para cada medio existe algo llamado índice de refracción absoluto "n" que es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío, "c", y la velocidad que tiene la luz en ese medio, "v". El valor de "n" es siempre adimensional y mayor que la unidad, es una constante característica de cada medio:

$$n = \frac{c}{v}$$

n : índice de refracción del medio en cuestión

c: velocidad de la luz en el vacío (3×10^8 m/s)

v : velocidad de la luz en el medio en cuestión

Es decir que es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en el medio. Dado que la velocidad de la luz en cualquier medio es siempre menor que en el vacío, el índice de refracción será un número siempre mayor que 1.

En el vacío: $n=1$

En otro medio: $n>1$

Índices De Refracción De Diversas Sustancias

Sustancia	Índice de refracción (línea sodio D)
Azúcar	1.56
Diamante	2.417
Mica	1.56-1.60
Benceno	1.504
Glicerina	1.47
Agua	1.333
Alcohol etílico	1.362
Aceite de oliva	1.46

Por otra parte el ojo humano es un sistema óptico formado por un dioptrio esférico y una lente, que reciben, respectivamente, el nombre de córnea y cristalino, y que son capaces de formar una imagen de los objetos sobre la superficie interna del ojo, en una zona denominada retina, que es sensible a la luz.

La córnea refracta los rayos luminosos y el cristalino actúa como ajuste para enfocar objetos situados a diferentes distancias. De esto se encargan los músculos ciliares que modifican la curvatura de la lente y cambian su potencia. Para enfocar un objeto que está próximo, es decir, para que la imagen se forme en la retina, los músculos ciliares se contraen, y el grosor del cristalino aumenta, acortando la distancia focal imagen. Por el contrario si el objeto está distante los músculos ciliares se relajan y la lente adelgaza. Este ajuste se denomina acomodación o adaptación.

La miopía es un defecto refractivo consistente en que el ojo es incapaz de enfocar objetos lejanos, haciendo que aparezcan borrosos. La mayoría de las miopías se consideran como una variación de la visión normal, más que una patología.

El interés de la presente investigación se centra en determinar por medio del uso de materiales del laboratorio los valores de dioptrías ópticas de personas que sufren dificultades visuales como lo es la miopía, para determinar que tan factible es esto sin la necesidad de utilizar equipos avanzados en tecnología considerando solo aquellos que posean miopía como dificultad visual, y ver que tan diferentes son los estudios cuando se esta presenten otro tipo de dificultad.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La naturaleza física de la luz ha sido uno de los grandes problemas de la ciencia. Desde la antigua Grecia se consideraba la luz como algo de naturaleza corpuscular, eran corpúsculos que formaban el rayo luminoso. Así explicaban fenómenos como la reflexión y refracción de la luz. Newton en el siglo XVIII defendió esta idea, suponía que la luz estaba formada por corpúsculos lanzados a gran velocidad por los cuerpos emisores de luz. Escribió un tratado de Óptica en el que explicó multitud de fenómenos que sufría la luz.

En 1678 Huygens defiende un modelo ondulatorio, la luz es una onda. Con este modelo se explicaban fenómenos como la interferencia y difracción que el modelo corpuscular no era capaz de explicar. Así la luz era una onda longitudinal, pero las ondas longitudinales necesitan un medio para poder propagarse, y surgió el concepto de éter como el "medio" en el que estamos inmersos. Esto trajo aún más problemas, y la naturaleza del éter fue un quebradero de cabeza de muchos científicos.

La solución al problema la dio Maxwell en 1865, la luz es una onda electromagnética que se propaga en el vacío. Quedaba ya por tanto resuelto el problema del éter con la aparición de estas nuevas ondas.

Una carga eléctrica oscilando con una determinada frecuencia, produce ondas electromagnéticas de la misma frecuencia. La velocidad con la que se propagan estas ondas en el vacío es:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

La refracción de la luz

Se denomina refracción luminosa al cambio que experimenta la velocidad de propagación de la luz cuando atraviesa oblicuamente la superficie de separación de dos medios transparentes de distinta naturaleza. Las lentes, las máquinas fotográficas, el ojo humano y, en general, la mayor parte de los instrumentos ópticos basan su funcionamiento en este fenómeno óptico.

El fenómeno de la refracción va, en general, acompañado de una reflexión, más o menos débil, producida en la superficie que limita los dos medios transparentes. El haz, al llegar a esa superficie límite, en parte se refleja y en parte se refracta, lo cual implica que los haces reflejado y refractado tendrán menos intensidad luminosa que el rayo incidente. Dicho reparto de intensidad se produce en una proporción que depende de las características de los medios en contacto y del ángulo de incidencia respecto de la superficie límite. A pesar de esta circunstancia, es posible fijar la atención únicamente en el fenómeno de la refracción para analizar sus características.

Leyes de Reflexión y Refracción

Si se considera una onda plana, monocromática, que incide sobre una superficie plana, que es la interfaz entre dos medios dieléctricos. Esta onda se

caracteriza por el vector de onda \vec{k}_i . Llamamos 'plano de incidencia' al plano

generado por el vector \vec{k}_1 , y el vector normal a la interfaz, $\hat{n} = \hat{k}$. De acuerdo a esta geometría, los vectores de campo se descomponen en la forma siguiente:

$$\left. \begin{aligned} \vec{E}_1 &= \vec{E}_1^0 e^{i(\vec{k}_1 \cdot \vec{r} - \omega t)} \\ \vec{E}_2 &= \vec{E}_2^0 e^{i(\vec{k}_2 \cdot \vec{r} - \omega t)} \\ \vec{E}_3 &= \vec{E}_3^0 e^{i(\vec{k}_3 \cdot \vec{r} - \omega t)} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \vec{E}_1^0 &= E_1^0 (\cos\theta_1 \hat{i} - \sin\theta_1 \hat{k}) \\ \vec{E}_2^0 &= E_2^0 (\cos\theta_2 \hat{i} + \sin\theta_2 \hat{k}) \\ \vec{E}_3^0 &= E_3^0 (\cos\theta_3 \hat{i} - \sin\theta_3 \hat{k}) \end{aligned}$$

Se observa también que

$$k_1 = \left(\frac{\omega}{c}\right)n_1 \quad \& \quad k_2 = \left(\frac{\omega}{c}\right)n_2$$

Las condiciones de borde, en $z=0$ ($\forall(x, y)$) son:

$$B_{1n} = B_{2n} \quad E_{1t} = E_{2t} (*)$$

$$H_{1t} = H_{2t} \quad D_{1n} = D_{2n}.$$

Usamos ahora estas condiciones para obtener relaciones entre las amplitudes y las fases de las ondas incidente, reflejada y transmitida. Partimos usando la ecuación (*), la cual, cuando se escribe para $z=0$ nos da

$$(*) \quad E_1^0 \cos\theta_1 e^{i(k_1 x \sin\theta_1 - \omega t)} + E_2^0 \cos\theta_2 e^{i(k_1 x \sin\theta_2 - \omega t)} = E_3^0 \cos\theta_3 e^{i(k_2 x \sin\theta_3 - \omega t)}$$

La igualdad anterior sólo puede ser satisfecha, para todo valor de x (y de y), si se tiene las igualdades

$$k_1 \sin\theta_1 = k_1 \sin\theta_2 = k_3 \sin\theta_3,$$

es decir,



Que se conoce como 'Ley de Reflexion', y



Conocida como 'Ley de Snell' de la refracción. Estas dos relaciones, junto con el hecho que una onda viaja en línea recta en un medio homogéneo, constituyen el fundamento de la óptica geométrica. Tenemos, además la relación entre las amplitudes

Si imponemos ahora $D_{1n} = D_{2n}$, obtenemos:

Notemos que las otras dos condiciones de borde no aportan, en este caso ninguna información adicional. La solución de estas ecuaciones da

Estas relaciones se conocen como 'ecuaciones de Fresnel, y expresan las relaciones entre las amplitudes de los campos eléctricos de las ondas incidente, reflejada y transmitida.

Las leyes de la refracción

Al igual que las leyes de la reflexión, las de la refracción poseen un fundamento experimental. Junto con los conceptos de rayo incidente, normal y ángulo de incidencia, es necesario considerar ahora el rayo refractado y el ángulo de refracción o ángulo que forma la normal y el rayo refractado.

Si se considera un frente de ondas que se acerca a la superficie de separación de dos medios de distintas propiedades. Si en el primer medio la velocidad de propagación de las ondas es v_1 y en el segundo medio es v_2 vamos a determinar, aplicando el principio de Huygens, la forma del frente de onda un tiempo posterior t .

A la izquierda, se ha dibujado el frente de ondas que se refracta en la superficie de separación de dos medio, cuando el frente de ondas incidente entra

en contacto con el segundo medio. Las fuentes de ondas secundarias situadas en el frente de ondas incidente, producen ondas que se propagan en todas las direcciones con velocidad v_1 en el primer medio y con velocidad v_2 en el segundo medio. La envolvente de las circunferencias trazadas nos da la forma del frente de ondas después de tiempo t , una línea quebrada formada por la parte del frente de ondas que se propaga en el primer medio y el frente de ondas refractado que se propaga en el segundo.

El frente de ondas incidente forma un ángulo θ_1 con la superficie de separación, y frente de ondas refractado forma un ángulo θ_2 con dicha superficie.

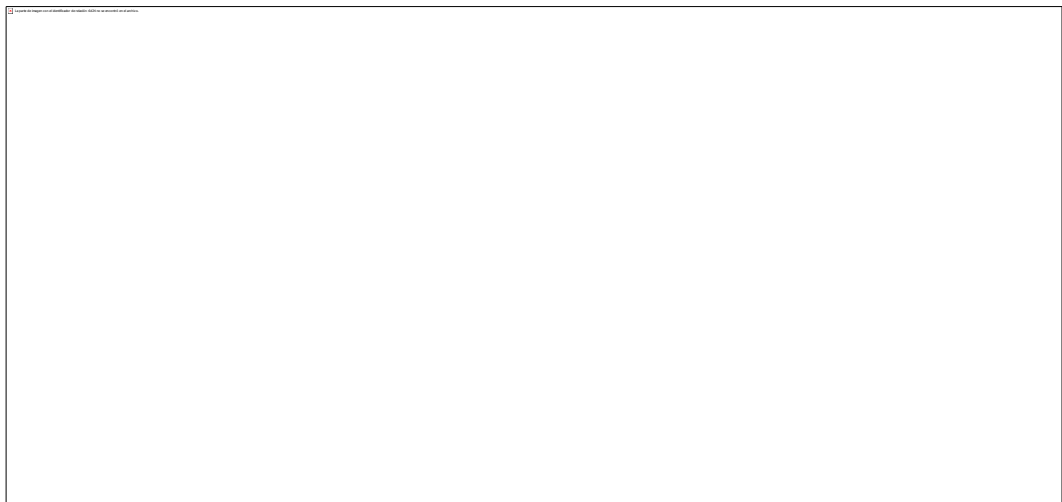


Figura 2 se muestra el comportamiento de la onda de luz y como se presenta la refracción para explicar la ley de Snell.

En la parte central de la figura, establecemos la relación entre estos dos ángulos.

En el triángulo rectángulo OPP' tenemos que

$$v_1 \cdot t = |OP'| \cdot \text{sen} \theta_1$$

En el triángulo rectángulo $OO'P'$ tenemos que

$$v_2 \cdot t = |OP'| \cdot \sin \theta_2$$

La relación entre los ángulos θ_1 y θ_2 es

Por lo que si se agrupan los términos se tiene:

Recordando que índice de refracción y velocidad son inversamente proporcionales la segunda ley de la refracción se puede escribir en función de los índices de refracción en la forma:

O en otros términos:

$$n_1 \cdot \sin \varepsilon_1 = n_2 \sin \varepsilon_2 = \text{constante}$$

Esto indica que el producto del seno del ángulo ε por el índice de refracción del medio correspondiente es una cantidad constante y, por tanto, los valores de n y $\sin \varepsilon$ para un mismo medio son inversamente proporcionales.

Debido a que la función trigonométrica seno es creciente para ángulos menores de 90° , de la última ecuación se deduce que si el índice de refracción n_1 del primer medio es mayor que el del segundo n_2 , el ángulo de refracción ε_2 es mayor que el de incidencia ε_1 y, por tanto, el rayo refractado se aleja de la normal.

Por el contrario, si el índice de refracción n_1 del primer medio es menor que el del segundo n_2 , el ángulo de refracción ε_2 es menor que el de incidencia ε_1 y el rayo refractado se acerca a la normal.

Anatomía Ocular

El ojo también, llamado globo ocular, es un órgano esférico de aproximadamente 2,5 cm de diámetro. El 50 % de la información que recibimos de nuestro entorno la recibimos a través de los ojos. La ingente información que recibimos en un simple vistazo a nuestro entorno se guarda durante un segundo en nuestra memoria y luego la deseamos casi toda.

Su anatomía puede dividirse en una pared exterior y un contenido interno. La pared exterior del ojo en su porción posterior está configurada por la esclerótica, Esta porción blanca de la pared ocular tiene una función protectora y corresponde a los cinco sextos de la superficie ocular. La porción anterior de la pared está configurada por la córnea que es la capa transparente que permite la entrada de los rayos luminosos al interior del ojo. Por detrás, hay un espacio lleno de un líquido claro (el humor acuoso) que separa la córnea de la lente del cristalino.

La capa media o úvea tiene a su vez tres diferentes partes: la coroides es una capa vascular, reviste las tres quintas partes posteriores del globo ocular. Se continúa hacia delante con el cuerpo ciliar, y a continuación queda el iris, que se extiende por la parte frontal del ojo. Las coroides por ser una capa vascularizada se encarga de dar nutrición a la retina. El cuerpo ciliar se encarga de producir el líquido que llena la cámara anterior, el humor acuoso. El iris que da el color a los ojos, además se encarga de regular la cantidad de luz que entra al ojo y así permitir ver bien en diferentes condiciones de iluminación. La abertura central del iris es la pupila o niña del ojo.

La retina es la capa mas interna. Es compleja, compuesta sobre todo por células nerviosas. Las células receptoras sensibles a la luz se encuentran en su superficie exterior delante de una capa de tejido pigmentado. Estos fotorreceptores se llaman conos y bastones y son sensibles a diferentes tipos de luz. La retina en el centro tiene una pequeña mancha amarilla, llamada mácula lútea; dentro de la cual se encuentra la fovea, la zona del ojo con mayor agudeza visual. La capa sensorial de la fovea se compone sólo de células con forma de conos, mientras

que en torno a ella también se encuentran células con forma de bastones. Según nos alejamos del área sensible, las células con forma de cono se vuelven más escasas y en los bordes exteriores de la retina sólo existen las células con forma de bastones.

En el interior, detrás del iris está el cristalino. Es un lente con forma de esfera aplanada constituida por un gran número de fibras transparentes dispuestas en capas. Está ligado al músculo ciliar, que tiene forma de anillo y lo rodea mediante unos ligamentos. El músculo ciliar y los tejidos circundantes forman el cuerpo ciliar y esta estructura aplanada o redondea el lente, cambiando su capacidad de enfocar objetos situados a diferentes distancias.

Por detrás del cristalino, el ojo está lleno de una sustancia transparente y gelatinosa llamada cuerpo vítreo. La presión del vítreo mantiene distendido el globo ocular. El nervio óptico se encarga a través de las múltiples fibras que lo conforman, de enviar la información visual desde el ojo hacia el cerebro.

En la Figura 3 se muestran las partes del ojo que pueden intervenir dentro del proceso de formación de imágenes.



Figura 3. Partes de ojo que participan en la desarrollo de sentido de vista.

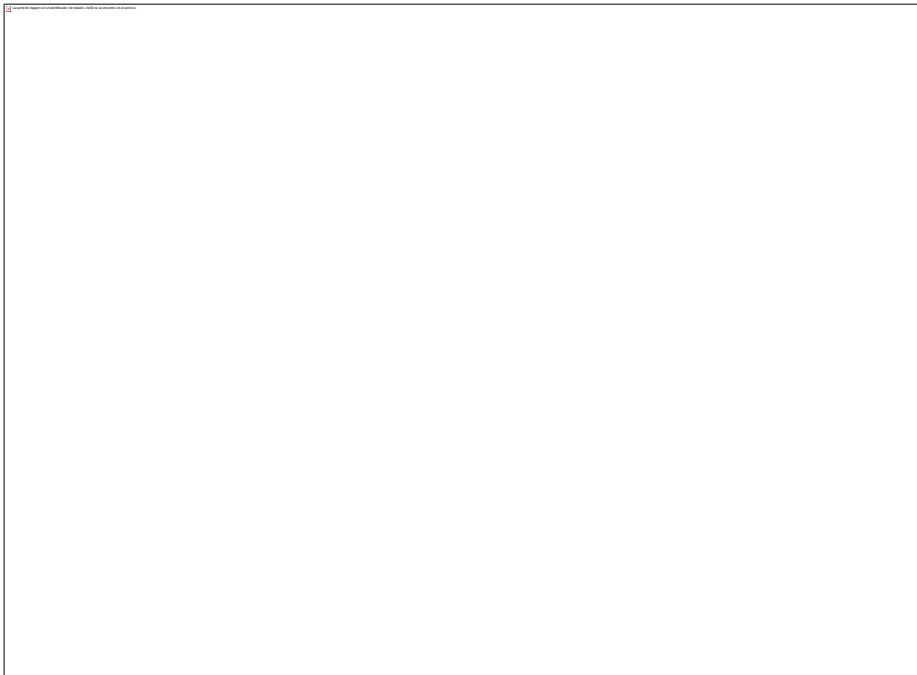


Figura 4. Corte trasversal del ojo donde se muestran las partes del mismo que intervienen en la formación de imágenes.

Estructura del globo ocular

Capas del globo ocular

La pared del ojo está formada por tres túnicas que rodean e incluyen a los componentes ópticos. Las tres túnicas son: la fibrosa, la vascular y la nerviosa.

Capa externa o fibrosa

Córnea.

Es el tejido transparente que representa el límite anterior del ojo. Es la primera y más poderosa lente del globo ocular, y permite, junto al cristalino, la producción de una imagen nítida a nivel de los fotorreceptores de la retina. Es una prolongación transparente de la esclerótica. La transición entre ambas está representada por el limbo esclerocorneal, donde el borde corneal es recubierto por la esclerótica. Su estructura histológica esta formada por varias capas que de adelante hacia atrás, es la siguiente:

1. El epitelio es plano, poliestratificado y no queratinizado. El estrato superficial renueva constantemente sus células. Es uno de los tejidos que se regenera más rápidamente, una erosión puntual puede recuperarse en unas tres horas, una erosión más profunda en pocos días. La reparación de esta capa siempre es completa y no quedan como secuela opacidades residuales.
2. La membrana de Bowman es una capa constituida por fibras de colágeno y sustancia fundamental. Posee escasa capacidad regenerativa, por esto se explica el carácter recidivante de algunas erosiones corneales cuando ésta se ve afectada. Un indicador de esta regeneración incompleta es la incapacidad del epitelio para ser humedecido adecuadamente por la película lagrimal y por tanto la aparición de puntos secos y ruptura precoz de ésta. A partir de esta capa cualquier proceso patológico cursará con una opacificación corneal y si afecta al área pupilar cursará con disminución de la visión.

3. El estroma con un grosor de 500 micras constituye el 85-90% del espesor corneal. Está compuesto por laminillas de colágeno, sustancia fundamental y fibroblastos (queratocitos). La disposición de estos elementos es muy rigurosa, lo que contribuye a la transparencia corneal y a la alta calidad como superficie óptica junto con la tasa de hidratación y la ausencia total de vasos. El contenido normal de agua de la córnea es de un 78% en peso. El tejido estromal proporciona una gran elasticidad y resistencia.
4. La membrana de Descemet es una estructura acelular formada por fibras de colágeno dispuestas en estratos, actuando como membrana basal del endotelio. Su grosor aumenta con la edad y es la más resistente de las capas corneales.
5. El endotelio corneal está constituido por una sola capa de células hexagonales y aplanadas. Su función principal es el transporte de sustancias osmóticamente activas y mantenimiento del balance hídrico junto al epitelio. El endotelio de la cámara anterior se continúa con el endotelio de los plexos venosa través de los cuales el humor acuoso retorna a la circulación

Histofisiología de la cornea

Entre los animales domésticos, el diámetro de la cornea es muy variable. Así en los animales nocturnos es mayor que en los diurnos. La transparencia es una condición esencial de la cornea. Esta transparencia obedece al ordenamiento de las fibras colágenas que se disponen en láminas paralelas a la superficie. El grado de hidratación también contribuye a la transparencia.

La cornea se nutre a partir de tres superficies: capilares del limbo, humor acuoso y película lagrimal.

El limbo esclerocorneal corresponde a la unión de la cornea con la esclerótica, su importancia radica en que a este nivel se verifica la presencia de vasos sanguíneos esclerales y de los canales para el retorno a la circulación del humor acuoso.

Esclerótica.

Alrededor de la córnea se sitúa el denominado limbo esclerocorneano, a partir del cual, cubriendo el resto de la superficie del globo ocular, se extiende la esclerótica. A este nivel existen estructuras de drenaje del humor acuoso, además de ser zona de abordaje quirúrgico para determinadas técnicas. Su límite anterior lo constituye la membrana de Bowman y la de Descemet.

La esclerótica es una membrana fibrosa de color blanco opaco (es el "blanco del ojo") muy resistente y está formada por tejido conectivo fibroso de sostén que protege los tejidos intraoculares, soporta la tensión de los músculos intraoculares y contribuye a mantener la forma y tono ocular. En la esclerótica se insertan los músculos extraoculares. La movilidad de los ojos se encuentra bajo el control de seis músculos extraoculares insertados sobre el globo ocular. Estos se contraen y relajan en coordinación con los del ojo opuesto. Se encuentran cuatro músculos rectos: superior, inferior, medio y lateral y dos músculos oblicuos: superior e inferior.

Cinco de los músculos tienen su origen en el vértice de la órbita y sólo el oblicuo inferior se origina en el ángulo inferior e interno de la misma. Los seis músculos se insertan en la esclerótica. Los cuatro rectos alcanzan el globo insertándose en él desde atrás hacia delante, por lo que al contraerse desplazan al globo en la dirección que indica su nombre. Los oblicuos por el contrario, lo alcanzan de delante hacia atrás, desplazándolo al contraerse en sentido contrario a su nombre.

De la parte posterior de la esclerótica sale el nervio óptico, formado por las fibras nerviosas de las células ganglionares de la retina. Se continúa con la córnea por delante y con la duramadre del nervio óptico por su parte posterior.

La esclerótica se divide en tres zonas: epiescleral, escleral propiamente dicha y la lámina fusca de color marrón por la presencia de células pigmentarias provenientes probablemente de la coroides.

Capa media o úvea

Es la capa vascular o nutricia del ojo, formada por tres estructuras que, de adelante hacia atrás, son el iris, el cuerpo ciliar (parte anterior) y la coroides (parte posterior).

Iris.

Constituye la porción más anterior de la capa vascular del ojo. Su aspecto es el de un disco de color ubicado en forma vertical por delante del cristalino y por detrás de la córnea, con un orificio central: la pupila, la cual puede sufrir modificaciones en su tamaño, a causa de dos músculos lisos de disposición circular, el dilatador de la pupila y el esfínter pupilar. La pupila, no es más que un orificio que permite la entrada de luz al globo ocular, apareciendo de color negro por los pigmentos retinianos.

La cara posterior del iris está integrada por fibras musculares lisas dispuestas de forma radial, que constituyen el músculo dilatador de la pupila, innervadas por filetes nerviosos simpáticos. Por detrás tapizando la cara posterior se encuentra el epitelio pigmentario posterior, rico en pigmento.

El iris divide el ojo en dos partes denominadas cámara anterior (por delante) y cámara posterior (por detrás). Actúa como un diafragma que regula la entrada de luz hacia la cámara posterior del ojo ya sea mediante dilatación de la pupila (midriasis, por la cadena simpática cervical) o, a la inversa, por disminución de su diámetro (miosis, por el III par craneal o motor ocular común).

Cerca del limbo el iris se une al cuerpo ciliar con el que conforma el ángulo iridoesclerocorneano o seno camerular, por donde drena el humor acuoso fuera del ojo como parte del mecanismo que regula la presión intraocular.

Cuerpo ciliar.

Forma parte de la úvea; es la continuación anterior de la coroides. Esta formado por proyecciones anteriores de la coroides y la retina. está constituido por el músculo ciliar -de fibras longitudinales-, el músculo de Brücke y el músculo de Müller (fibras circulares). Desempeña un papel importante en la acomodación, la nutrición del segmento anterior y la secreción de humor acuoso por transporte activo (principalmente) participando también mecanismos de difusión y ultrafiltración. Todo el volumen se reemplaza aproximadamente en unos 100 minutos y arrastra los detritus metabólicos.

El humor acuoso está desprovisto de proteínas gracias a la barrera hematoacuosa. Cuando aparecen, como ocurre en procesos inflamatorios, el haz de luz sufre una dispersión conocido como fenómeno Tyndall. Sobre la superficie posterointerna se insertan las fibras de la zónula, ligamento suspensorio del cristalino.

En su estructura se identifican dos porciones: la pars plicata o procesos ciliares (donde se produce el humor acuoso) y la pars plana. Los procesos ciliares son prolongaciones del cuerpo ciliar a nivel de la base del iris, de él se desprenden las fibras zonulares que forman el ligamento suspensorio del cristalino.

Histofisiología

La contracción de la musculatura ciliar no estira el cristalino ni lo acomoda para la visión distante. Más bien la contracción de la musculatura lisa hace que la esclerótica se deprima levemente. Esto relaja la tensión sobre las fibras suspensorias, que causa el engrosamiento del cristalino para la visión cercana. Cuando estas fibras musculares están relajadas, la elasticidad de la capa de soporte achata el cristalino para la visión distante.

Coroides.

Es una capa vascular que se extiende por toda la parte posterior del globo ocular, entre la esclerótica y la retina. Está constituida por una red compleja de vasos sanguíneos, imprescindibles para la nutrición y el buen funcionamiento de las capas externas de la retina, con la cual se relaciona a través de la membrana de Bruch. De la esclerótica la separa un espacio virtual denominado espacio supracoroideo, que se termina por delante en la inserción del músculo ciliar en el espolón escleral y por detrás a 4 o 5 mm de la papila (del nervio óptico). Las laminillas colágenas de esta zona son largas y oblicuas las más anteriores, cortas y rectas las posteriores, lo que explica que la mayoría de los desprendimientos coroides afecten la región anterior.

La coroides está subdividida en cinco capas: epicoroides, lámina vascular, tapetum, lámina coriopapilar y lámina elástica coroidea o de Bruch. El tapetum (*Tapetum Lucidum*) es una capa fibrosa (ungulados) o celular (en los carnívoros) y es frecuentemente descrito como una superficie reflectora de la luz o “espejo ocular”. Refleja la luz a los fotorreceptores de la retina para resaltar la visión en la oscuridad o bajo condiciones de iluminación pobre. El tapetum no existe en el hombre y el cerdo. Es por esta razón que los seres humano no pueden observar ningun tipo de imagen cuando no se esta en presencia de la luz.

Capa interna o retina

Es la capa más interna del globo ocular, de origen neurosensorial. Es donde se inicia el proceso de la visión, siendo la parte especializada del sistema nervioso destinada a recoger, elaborar y transmitir las sensaciones visuales. Es una delgada capa parcialmente transparente, tapiza la cara interna de la coroides y limita su superficie interna con el vítreo. Por delante termina integrada en el cuerpo ciliar a través de la ora serrata en el hombre, llamada ora ciliaris retinae en los animales.

El epitelio pigmentario y la parte no nerviosa de la retina contribuyen a formar el cuerpo ciliar (porción ciliar retiniana) y el iris (porción irídica retiniana) En su parte central y posterior, se distinguen mácula y papila del nervio óptico. La retina está constituida por dos grupos de capas: el epitelio pigmentario y el neuroepitelio. El epitelio pigmentario retiniano está compuesto por una sola capa de células, que se adhieren firmemente a la coroides a través de la membrana de Bruch y que emiten finas prolongaciones entre los fotorreceptores adyacentes.

Estas células están fuertemente cargadas de gránulos de melanina, son las responsables del aspecto granular del fondo de ojo en el examen oftalmoscópico. Las funciones del epitelio pigmentario son: absorber las radiaciones luminosas, proporcionar el intercambio metabólico entre coriocapilar y neuroepitelio, y contribuir a la renovación constante de los segmentos externos de los fotorreceptores.

El neuroepitelio está integrado por nueve capas de tejido nervioso, similar al del cerebro, que funcionalmente están formadas por tres grupos de neuronas muy especializadas: fotorreceptores (las más externas), bipolares (intermedias) y ganglionares (internas). Las capas que se pueden distinguir son: 1.- Capa de fotorreceptores, constituido por los segmentos externos de éstos. 2.- Limitante externa, donde se encuentran los desmosomas entre las células de Muller y fotorreceptores. 3.- Nuclear externa, capa de los núcleos de los conos y bastones. 4.- Plexiforme externa o capa de Henle, donde se efectúan las sinapsis entre las células bipolares y los fotorreceptores. 5.- Nuclear interna, capa de núcleos de las células bipolares. 6.- Plexiforme interna, sináptica entre las células bipolares y las ganglionares. 7.- Capa de células ganglionares. 8.- Capa de fibras del nervio óptico, constituida por los axones de las células ganglionares. Esta capa es visible a la luz sin rojos y se puede ver oftalmoscópicamente. 9.- Limitante interna, membrana hialina de sostén, en contacto con hialoides posterior del vítreo.

El componente celular está constituido por elementos neuronales, gliales y células pigmentarias. Cada célula pigmentaria se relaciona con los segmentos externos de 15 o 20 fotorreceptores.

Entre los elementos neuronales se encuentran: 1.- Fotorreceptores: responsables de la absorción de las radiaciones luminosas y su transformación en impulso bioeléctrico (mediante las cromoproteínas, rodopsina y yodopsina, que al modificarse por la luz conduce a cambios de potencial de la membrana plasmática).

Se distinguen dos tipos: Conos, encargados de la visión fotópica y de los colores, muy abundantes en la fóvea del hombre.(depresión inexistente en los animales domésticos) decreciendo rápidamente en dirección a la periferia y bastones encargados de la visión nocturna, más abundantes que los conos y al revés que éstos decrecen en dirección a la mácula. 2.- Las células bipolares, representan la primera neurona de la vía óptica, establecen sinapsis con los fotorreceptores y con las células ganglionares respectivamente. 3.- Las células ganglionares, segunda neurona cuyo axón termina en el cuerpo geniculado externo, formando parte de la capa de fibras del nervio óptico, del propio nervio óptico, del quiasma y de las cintillas ópticas. 4.- Las neuronas de asociación, células horizontales y células amacrinas, establecen conexiones entre las demás neuronas, según planos perpendiculares al eje bioeléctrico principal.

Los elementos gliales de la retina, que constituyen el entramado de sostén, son las células de Müller, los astrocitos, la glía perivascular y la microglíareticuloendotelial.

El fondo de ojo se puede observar mediante un instrumento especial, denominado oftalmoscopio. En él se destacan dos zonas de gran interés funcional y patológico: la papila, la mácula y los vasos.

La papila -denominada también disco óptico- determina la mancha ciega en el campo visual. Es el rasgo más característico al observar el fondo de ojo. Es de color blanco amarillento con una forma redondeada bien definida.

Contiene la arteria y vena centrales de la retina. La mácula es la parte central de la retina. Se sitúa en el eje visual, donde se encuentra la mayor concentración de conos y la mejor discriminación de la forma y del color. Tiene un tamaño similar al del disco óptico y se encuentra en la zona temporal, a unos

dos diámetros de éste. En esta zona no hay vasos (zona avascular) y su nutrición depende de la coroides.

Compartimientos del ojo

El ojo está dividido en un compartimiento anterior y otro posterior por el cristalino, el ligamento suspensorio y los procesos ciliares.

Compartimiento anterior

Está limitado por el cristalino, los ligamentos suspensorios, los procesos ciliares, el cuerpo ciliar, el iris y la cornea. El compartimiento anterior está dividido en la cámara anterior y la cámara posterior por el cristalino. La cámara posterior es el lugar por donde se secreta el humor acuoso. Se comunica con la cámara anterior por la pupila. La cámara anterior es el lugar donde el humor acuoso es reabsorbido y regresado a la circulación a través de una zona de trabéculas llamada espacios de Fontana ubicados en el ángulo iridial o ángulo de filtración donde alcanza el plexo venoso escleral.

Compartimiento posterior

El cuerpo vítreo o humor vítreo ocupa todo el espacio entre el cristalino y la retina.

Medios transparentes

Está compuesto por tres cámaras rellenas de líquidos: la cámara anterior (entre la cornea y el iris), la cámara posterior (entre el iris, los ligamento que sujetan el cristalino y el propio cristalino) y la cámara Vítreo (entre el cristalino y la retina). Las dos primera cámaras están rellenas con humor acuoso, mientras que la cámara vítreo está rellena con un fluido más viscoso, el humor vítreo.

Humor acuoso

Ocupa la cámara anterior y posterior y contribuye a dar nutrición a la cornea

Cristalino

Lente biconvexo, avascular, transparente e incoloro. Está ubicado por detrás del iris y por delante del humor vítreo, y queda sujeto al cuerpo ciliar mediante fibras llamadas zónulas de Zinn o ligamento suspensorio. La contracción o relajación de estos ligamentos como consecuencia de la acción de los músculos ciliares cambia la forma del cristalino, un proceso que se conoce como acomodación y que permite que las imágenes se puedan enfocar a nivel de la retina. En su estructura se distinguen:

1. La cápsula o cristaloides, fina membrana elástica y semipermeable que envuelve totalmente al cristalino. La cápsula anterior es la membrana basal del epitelio anterior del cristalino; es la membrana basal más gruesa del organismo.
2. El epitelio subcapsular, formado por una sola capa de fibras cúbicas germinativas que originan fibras que se van sumando a las subyacentes durante toda la vida. Ocupan la cara anterior y el ecuador.
3. Las fibras del cristalino, se superponen las unas a las otras formando dos suturas una anterior con forma de “Y” y otra posterior con la misma forma invertida.
4. La zónula, o ligamento suspensorio, se extiende desde los procesos ciliares al ecuador del cristalino, manteniéndolo en su lugar y transmitiéndole las contracciones del músculo ciliar. Con la edad disminuyen en número y resistencia.

Las proteínas que lo integran, solubles a temprana edad, se van transformando en insolubles en el adulto, lo que le resta elasticidad y transparencia.

El cristalino participa del sistema dióptrico del ojo al contribuir a la convergencia de los rayos luminosos sobre la mácula, siendo su principal función, por lo tanto, la acomodación. Cuando el músculo ciliar se contrae (fibras

circulares), relaja las fibras zonulares, y el cristalino tiende a hacerse más convexo (especialmente la zona anterior central de la cápsula, el radio de curvatura anterior cambia de 10 a 6 mm.) y de esta forma aumenta su potencia.

En la acomodación hay que incluir dos procesos paralelos: la convergencia (para la fusión de las imágenes retinianas) y la miosis (que disminuye las aberraciones de los cambios de curvatura del cristalino). Estos tres fenómenos están modulados por el parasimpático. Mediante la acomodación podemos conseguir focalizar en la retina los objetos situados entre el punto remoto (punto más lejano que se ve nítido) y el punto próximo (punto más cercano que se ve nítido). La precipitación de las proteínas produce pérdida de transparencia del cristalino (catarata)

Fisiología Del Ojo

Órbita e inervación ocular

Es un espacio en forma de pirámide cuadrangular, con la base hacia adelante y el vértice hacia atrás. espacio está ocupado por el nervio óptico, los músculos extraoculares (rectos y oblicuos), y los sistemas vasculares y nerviosos. El motor ocular común (III par) inerva los músculos rectos superior, inferior, interno, oblicuo menor y elevador del párpado; el motor ocular externo (VI par) inerva el motor ocular externo; el nervio patético (IV par) inerva el músculo oblicuo mayor; el facial (VII par) inerva el músculo orbicular de los párpados. La inervación sensitiva está a cargo del trigémino (V par) a través del nervio oftálmico. El simpático inerva el músculo de Müller, el dilatador del iris y los músculos orbitarios

Cada globo ocular se mantiene en su posición dentro de los órbitas gracias a la existencia de ligamentos y músculos que los rodean. Insertados a nivel de la esclerótica existen 3 pares de músculos, dos pares de músculos rectos y un par de músculos oblicuos que permiten la movilidad del globo ocular. Estos músculos se

conocen como músculos extraoculares. Los movimientos del globo ocular permiten enfocar siempre las imágenes a nivel de la fovea.

Formación de las imágenes

El aparato de la visión es uno de los sentidos que nos comunica con el mundo exterior. Los estímulos luminosos que percibe el organismo determinan la función visual, que discrimina las formas y colores, enfoca a distintas distancias y se adapta a diferentes grados de iluminación. Mediante la visión binocular y la fusión se obtiene la visión en profundidad o en relieve (estereopsis), o sea la visión tridimensional.

Las formas se aprecian por la diferencia de iluminación de los distintos sectores de la imagen proyectada (sensibilidad de contraste). Esta variedad de estímulos impresiona los fotorreceptores (conos y bastones) en forma desigual, lo que permite la captación de esas diferencias.

Se debe tener en cuenta que la visión más discriminativa es la central y depende de los receptores llamados conos, responsables de la visión de los colores ubicados en la mácula. Éstos necesitan mucha luz para ser estimulados, razón por la cual la visión central se denomina fotópica. Los bastones, ubicados más periféricamente en la retina, tienen un umbral de excitación más bajo; por lo tanto son excitados en ambientes con poca iluminación; no existen en la zona macular.

La visión nocturna, de la penumbra o crepuscular está a cargo de la retina periférica y se conoce como visión escotópica; su poder de discriminación, medido como agudeza visual, corresponde a 1/10 de la visión fotópica. Los datos anteriormente citados corresponden al ser humano, es decir a una especie de hábitos diurnos.

El mecanismo por el cual un estímulo físico luminoso se transforma en uno nervioso es un fenómeno fotoquímico que tiene lugar en el nivel de los fotorreceptores. El primer paso de la visión consiste en la captura de luz que

requiere un pigmento fotosensible. Este pigmento es distinto en conos que en bastones. El más estudiado es la rodopsina de los bastones.

La mayor parte de ésta se almacena en el epitelio pigmentario. Cuando se produce la captura de un fotón, una molécula de pigmento visual sufre una serie de cambios en la configuración que terminan con la separación completa del retinal y opsina. Antes de liberarse se produce la excitación eléctrica de la célula fotorreceptora (hiperpolarización o ciclo de Wald).

El primer cambio ocasionado en la rodopsina por la luz es la isomerización del 11cis retinal (configuración circular) a la forma trans (configuración lineal). Es la única reacción para la que se necesita luz. El proceso de la regeneración completa de pigmento dura unas 2 ó 3 horas, pero más del 90% tiene lugar en 30 minutos a la temperatura corporal.

Los fenómenos eléctricos que tienen lugar en las células nerviosas están regulados por la membrana plasmática. El flujo iónico a través de ésta se asocia a cambios del potencial. El interior de la célula es eléctricamente negativo respecto al líquido extracelular. El papel de los fotorreceptores es la captación de un fotón de luz y generar una señal eléctrica que excita a las neuronas siguientes en la cadena de transmisión.

En los bastones los discos que contienen el ftopigmento están encerrados dentro del segmento externo, pero separados de la membrana plasmática externa. El calcio trasmite la excitación entre el disco y la membrana, alterando la permeabilidad a los iones de sodio.

En los conos las membranas de sus discos están abiertas al medio extracelular, por tanto el agente que altera la permeabilidad puede actuar en el sitio de absorción de los fotones. De aquí la capacidad de los conos de responder a los estímulos visuales más rápidamente que los bastones. En la oscuridad, el interior del fotorreceptor es eléctricamente negativo con respecto al medio extracelular.

La acción de la luz consiste en reducir la actividad del sodio, y por tanto se reduce el flujo de cargas positivas hacia la célula y el interior se hace más negativo (hiperpolarización).

Visión de los colores

Se sabe que es una sensación que aparece en los organismos más evolucionados y que está a cargo de los conos. En la zona macular se observan los colores más brillantes dentro de la gama rojo-amarillo, mientras que en la retina periférica se perciben los azules.

La teoría más aceptada (Young-Helmholtz) o tricrómica explica los tres tipos de receptores para los colores principales: rojo, verde y azul. Las alteraciones de alguno o de todos producen anomalías o falta de visión de los colores. Pueden ser acromatopsias, que quiere decir falta de visión de los colores, o discromatopsias -cegueras parciales a los colores- por ejemplo protánopes (al rojo), deuteránopes (al verde) y triptánopes (al azul); pueden ser congénitas (rojo/verde o daltonismo) o adquiridas (por lo general no se percibe el azul/amarillo).

Reflejos Pupilares

La pupila responde a los estímulos luminosos, contrayéndose ante la luz y dilatándose en la oscuridad. El reflejo fotomotor se estudia iluminando cada ojo por separado y viendo como se contrae la pupila, a la vez se investiga el reflejo consensual que es la contracción de la pupila de un lado cuando se ilumina el otro.

La vía del reflejo fotomotor comienza en la retina, sigue por el nervio óptico prosigue por quiasma y cintillas ópticas hasta el cuerpo geniculado externo, donde se separa de la vía óptica dirigiéndose al tubérculo cuadrigémino anterior, de donde salen los estímulos al centro de Edinger Westphal. Desde aquí sigue la vía eefectora parasimpática, que alcanza el esfínter del iris.

Si recordamos que parte de las fibras de la vía refleja se decusan con la vía óptica, en el quiasma, tendremos la explicación del reflejo consensual.

Acomodación

La capacidad de enfoque a distintas distancias es un mecanismo que se realiza por intermedio del cristalino, del músculo ciliar y de la zónula. La parte activa es el músculo ciliar, que por contracción de sus fascículos circulares relaja la zónula de Zinn. Esto hace que la superficie anterior del cristalino se aplane y disminuya su poder refringente. Por otra parte, la pupila se contrae y se dilata por estímulo del III par craneal (parte parasimpática) y del simpático, respectivamente.

La acomodación para la visión cercana es el resultado de una sincinesia entre el cuerpo ciliar y la pupila que genera miosis. De esta manera se produce un aumento de la profundidad del foco que facilita la visión discriminativa. Hay otro movimiento asociado a la acomodación, que es la convergencia para facilitar la visión binocular mediante la acción de los músculos rectos internos, por estimulación del III par y el centro de convergencia.

Adaptación a la luz

Una función importante del ojo es su capacidad para adaptarse a distintos grados de iluminación. La entrada de luz está regulada por la pupila-que puede producir midriasis (para aumentar la entrada de luz) o miosis (para disminuirla)-pero la adaptación a la iluminación tiene lugar fundamentalmente en los fotorreceptores. Sabemos que los bastones tienen un umbral bajo de excitación y que en su mayoría se encuentran en la retina periférica para encargarse de la de visión periférica. La medida de la adaptación oscila entre los 30 y 40 segundos.

La adaptación a la luz es la reducción de la sensibilidad del ojo a la luz tras la exposición a ésta durante un tiempo. Es rápida y están involucrados principalmente los conos. La adaptación a la oscuridad durante un tiempo, hace que se regenere gran cantidad de pigmento aumentando la sensibilidad de los receptores a menor cantidad de luz. Los conos se adaptan más rápidamente debido

a la mayor velocidad de síntesis de pigmento visual. Sin embargo los bastones son mucho más sensibles.

Explicación Física Del Funcionamiento Del Ojo Humano

El ojo humano es un sistema óptico formado por un dioptrio esférico y una lente, que reciben, respectivamente, el nombre de córnea y cristalino, y que son capaces de formar una imagen de los objetos sobre la superficie interna del ojo, en una zona denominada retina, que es sensible a la luz.

Tras la córnea hay un diafragma, el iris, que posee una abertura, la pupila, por la que pasa la luz hacia el interior del ojo. El iris es el que define el color de nuestros ojos y el que controla automáticamente el diámetro de la pupila para regular la intensidad luminosa que recibe el ojo.

El cristalino está unido por ligamentos al músculo ciliar. De esta manera el ojo queda dividido en dos partes: la posterior que contiene humor vítreo y la anterior que contiene humor acuoso. El índice de refracción del cristalino es 1,437 y los del humor acuoso y humor vítreo son similares al del agua.

El cristalino enfoca las imágenes sobre la envoltura interna del ojo, la retina. Esta envoltura contiene fibras nerviosas (prolongaciones del nervio óptico) que terminan en unas pequeñas estructuras denominadas conos y bastones muy sensibles a la luz. Existe un punto en la retina, llamado fovea, alrededor del cual hay una zona que sólo tiene conos (para ver el color). Durante el día la fovea es la parte más sensible de la retina y sobre ella se forma la imagen del objeto que miramos.

Los millones de nervios que van al cerebro se combinan para formar un nervio óptico que sale de la retina por un punto que no contiene células receptoras. Es el llamado punto ciego.

La córnea refracta los rayos luminosos y el cristalino actúa como ajuste para enfocar objetos situados a diferentes distancias. De esto se encargan los músculos ciliares que modifican la curvatura de la lente y cambian su potencia. Para enfocar un objeto que está próximo, es decir, para que la imagen se forme en la retina, los músculos ciliares se contraen, y el grosor del cristalino aumenta, acortando la distancia focal imagen. Por el contrario si el objeto está distante los músculos ciliares se relajan y la lente adelgaza. Este ajuste se denomina acomodación o adaptación.

El ojo sano y normal ve los objetos situados en el infinito sin acomodación enfocados en la retina. Esto quiere decir que el foco está en la retina y el llamado punto remoto (Pr) está en el infinito.

Se llama punto remoto la distancia máxima a la que puede estar situado un objeto para que una persona lo distinga claramente y punto próximo a la distancia mínima.

Un ojo normal será el que tiene un punto próximo a una distancia "d" de 25 cm, (para un niño puede ser de 10 cm) y un punto remoto situado en el infinito. Si no cumple estos requisitos el ojo tiene algún defecto.

El ojo es un sistema óptico que concentra y logra enfocar en la retina los rayos que salen divergentes de un objeto (de otro modo los rayos salientes de un punto no podrían recogerse sobre una pantalla para dar su imagen). Si un objeto está situado en el punto próximo del ojo, se ve del mayor tamaño y bajo el mayor ángulo que es posible verlo a simple vista.

Índice de Refracción en el Ojo Humano

El índice de refracción va depender de la velocidad de la luz en el aire y de la velocidad en el segundo medio que va a cambiar según sea la densidad del mismo y si es un material sólido, líquido transparente donde esta disminuye.

En el ojo existe 4 medios refractivos como son: a) el aire que es la superficie anterior a la cornea (1,38), b) Superficie post. Cornea (1,33), c) Humor acuoso que es la superficie anterior al cristalino (1,40) y por ultimo d) Superficie post. Cristalino en el humor vítreo (1,34).

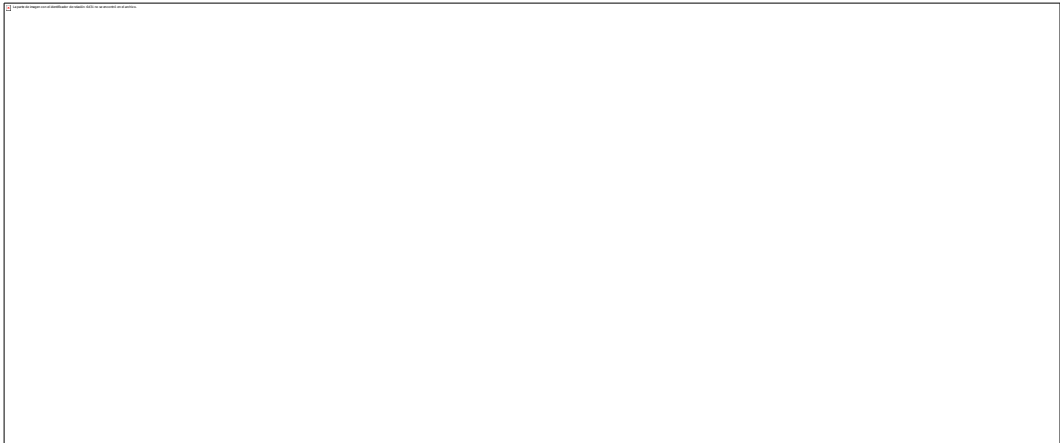


Figura 5. Diagrama de rayos de un ojo para ubicar una imagen en el infinito.

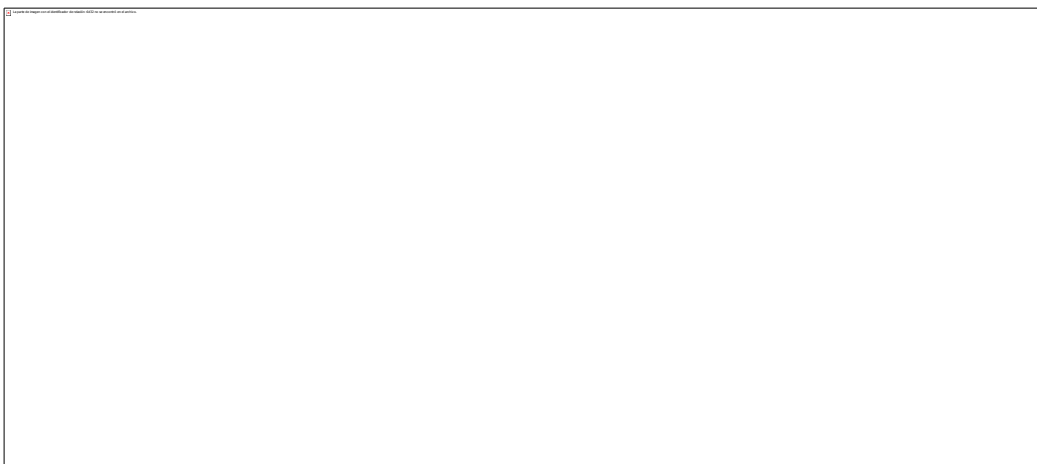


Figura 6 Diagrama de rayo de un ojo donde se muestra donde están los ángulos de incidencia y refractados en el proceso de visión.

Lentes.

Las lentes son objetos transparentes, limitados por dos superficies esféricas o por una superficie esférica y otra plana, que se hallan sumergidas en un medio, asimismo transparente, normalmente aire. Desempeñan un papel esencial como componentes de diferentes aparatos ópticos. Con lentes se corrigen los diferentes defectos visuales, se fabrican los microscopios, las máquinas fotográficas, los proyectores y muchos otros instrumentos ópticos.

Tipos de lentes

De la combinación de los tres posibles tipos de superficies límites, cóncava, convexa y plana, resultan las diferentes clases de lentes. Según su geometría, las lentes pueden ser bicóncavas, biconvexas, plano-cóncavas, plano convexas y cóncavo-convexas.

Desde el punto de vista de sus efectos sobre la marcha de los rayos es posible agrupar los diferentes tipos de lentes en dos grandes categorías: lentes convergentes y lentes divergentes. Las lentes convergentes se caracterizan porque hacen converger, en un punto denominado foco, cualquier haz de rayos paralelos que incidan sobre ellas. En cuanto a su forma, todas ellas son más gruesas en la zona central que en los bordes. Las lentes divergentes, por su parte, separan o hacen diverger los rayos de cualquier haz paralelo que incida sobre ellas, siendo las prolongaciones de los rayos emergentes las que confluyen en el foco. Al contrario que las anteriores, las lentes divergentes son menos gruesas en la zona central que en los bordes.

Formación De Imágenes.

Para estudiar la formación de imágenes por lentes, es necesario mencionar algunas de las características que permiten describir de forma sencilla la marcha de los rayos.

Plano óptico: Es el plano central de la lente.

Centro óptico O: Es el centro geométrico de la lente. Tiene la propiedad de que todo rayo que pasa por él no sufre desviación alguna.

Eje principal: Es la recta que pasa por el centro óptico y es perpendicular al plano óptico.

Focos principales F y F' (foco objeto y foco imagen, respectivamente): Son un par de puntos, correspondientes uno a cada superficie, en donde se cruzan los rayos (o sus prolongaciones) que inciden sobre la lente paralelamente al eje principal.

Distancia focal f.: Es la distancia entre el centro óptico O y el foco F.

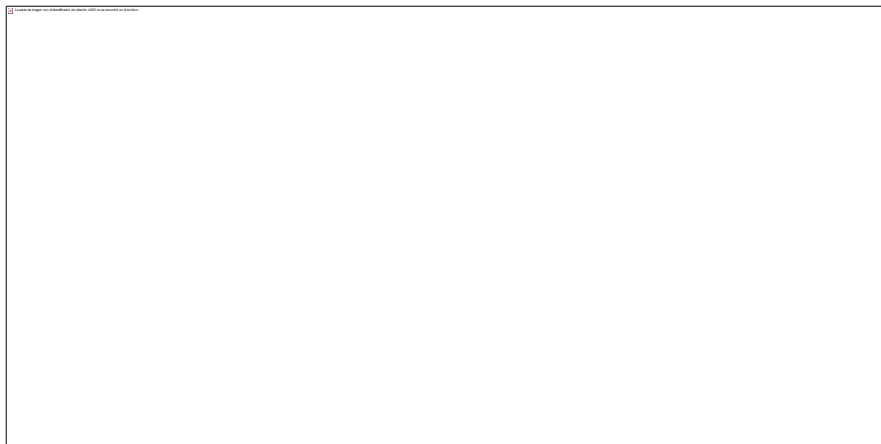


Figura 7. Diagrama de rayos para la formación de imágenes en una lente

Lentes convergentes.

Para proceder a la construcción de imágenes debidas a lentes convergentes, se deben tener presente las siguientes reglas:

Cuando un rayo incide sobre la lente paralelamente al eje, el rayo emergente pasa por el foco imagen F'. Inversamente, cuando un rayo incidente pasa por el foco objeto F, el rayo emergente discurre paralelamente al eje.

Finalmente, cualquier rayo que se dirija a la lente pasando por el centro óptico se refracta sin sufrir ninguna desviación.

Cuando se aplican estas reglas sencillas para determinar la imagen de un objeto por una lente convergente, se obtienen los siguientes resultados:

- Si el objeto está situado respecto del plano óptico a una distancia superior a dos veces la distancia focal la imagen es real, invertida y de menor tamaño
- Si el objeto está situado a una distancia del plano óptico igual a $2f$, la imagen es real, invertida y de igual tamaño.
- Si el objeto está situado a una distancia del plano óptico comprendida entre $2f$ y f , la imagen es real, invertida y de mayor tamaño.
- Si el objeto está situado a una distancia del plano óptico inferior a f , la imagen es virtual, directa y de mayor tamaño.

Lentes divergentes.

La construcción de imágenes formadas por lentes divergentes se lleva a cabo de forma semejante, teniendo en cuenta que cuando un rayo incide sobre la lente paralelamente al eje, es la prolongación del rayo emergente la que pasa por el foco objeto F . Asimismo, cuando un rayo incidente se dirige hacia el foco imagen F' de modo que su prolongación pase por él, el rayo emergente discurre paralelamente al eje. Finalmente y al igual que sucede en las lentes convergentes, cualquier rayo que se dirija a la lente pasando por el centro óptico se refracta sin sufrir desviación.

Aunque para lentes divergentes se tiene siempre que la imagen resultante es virtual, directa y de menor tamaño, la aplicación de estas reglas permite obtener fácilmente la imagen de un objeto situado a cualquier distancia de la lente

Dioptrio Esférico.

El estudio de la refracción de un rayo luminoso a través de una superficie esférica (porción de esfera o casquete esférico) que separa dos medios refringentes diferentes es importante porque permite establecer fácilmente la teoría de los lentes.

Formula Del Dioptrio.

La capacidad de los lentes para desviar los rayos se mide en dioptrías, que no es más que la relación que existe entre 1 metro y la distancia focal. Es decir que si un lente es capaz de converger una imagen a una distancia focal de 10cm se habla de una dioptría de 10; por lo que se deduce que el poder dióptrico es inversamente proporcional a la distancia focal del lente.

Toda recta que pase por el centro de la esfera es un eje óptico. Consideremos un punto luminoso **P** (fig. 4), que forme con el centro de la esfera el eje óptico **PO**. Demostraremos que un rayo luminoso cualquiera como el **PI**, siempre que forme con el eje óptico un ángulo que no exceda de algunos grados, se refracta según **IP'**, pasando por un punto fijo **P'** del eje óptico. Este punto es, por consiguiente, la imagen del punto objeto **P**.

Verificación Experimental.

La fórmula del dioptrio puede verificarse utilizando el dispositivo del vidrio de lámpara llena de agua. El objeto será una lámpara eléctrica; se buscará la imagen utilizando un pequeño vidrio esmerilado sumergido en el agua y manteniéndolo en el extremo de una anilla metálica.

Se comprobará fácilmente que un pequeño objeto perpendicular al eje óptico tiene una imagen también perpendicular a este eje. Una construcción geométrica sencilla permite obtener la imagen cuando se conoce la posición de los focos **F** y **F'**.

Un rayo procedente del punto **A** y paralelo al eje óptico se refracta, como si procediera de un punto infinitamente alejado, pasando por el foco **F'**

Análogamente, un rayo incidente **AF** que pase por el foco-objeto, se refracta paralelamente al eje, porque la imagen de **F** está infinitamente alejada de **S**.

Esos dos rayos refractados se cortan en **A**, imagen del punto **A**, y la imagen del objeto **AB** es **A'B**. Pueden observarse que el rayo incidente **AO**, que pasa por el centro de la esfera, se refracta sin desviación y alcanza **A'**.



Figura 8. Diagrama de rayos donde se muestra como es la verificación experimental para la obtención de una dioptría en lentes.

Defectos De Las Lentes.

Las lentes, incluso delgadas, presentan defectos, denominados también aberraciones. Estas aberraciones pueden manifestarse de diferentes formas, según las propiedades que traten de obtenerse:

1. Si se desea obtener de un punto-objeto una imagen lo más fina posible (como sucederá con los anteojos astronómicos), habrá que corregir la *aberración de esfericidad* del sistema óptico. Esta aberración se manifiesta por el hecho que los rayos refractados por los bordes de la lente (rayos marginales) cortan el eje óptico en puntos que están más cerca de la lente que los rayos centrales. Es posible suprimir esta aberración con una sola lente, ya que depende del índice del vidrio, de los radios de curvatura (forma de la lente), de su orientación con respecto a la luz incidente y de la distancia del objeto. Es mínima para un objeto situado en infinito cuando el radio de la cara de entrada es seis veces menor que el

de la cara de salida. En la práctica, se toma la forma planoconvexa. Para suprimir la aberración de esfericidad, hay que utilizar varios lentes.

2 Una de las aberraciones más molestas de /as lentes es la aberración cromática; consideraremos una lente convergente que da en su foco la imagen de una fuente luminosa blanca muy alejada. Los bordes de la lente, actuando como prismas de ángulos pequeños. Desvían más los rayos rojos, de donde resulta que el foco de los rayos azules y violeta se encuentran más cerca de la lente que el foco de los rayos rojos.



Figura 9. Se muestra diagrama de rayo donde en la parte “A” esta la forma correcta de conversión y en la parte “B” como ocurre la aberración de los lentes.

Si se toma como referencia la figura 9, se tendría que al coloca una pantalla en la posición **1**, se obtendrá una mancha circular con bordes rojos. En la posición **2**, la mancha tendrá un diámetro mínimo, pero sus bordes estarán todavía coloreados, produciendo la superposición del violeta y el rojo púrpura y rosa Pálido. En la posición **3**, aparecerá en la pantalla una mancha circular con borde violeta. La distancia entre los focos de los rayos rojos y los rayos azules es relativamente considerable, variando según la naturaleza del vidrio entre 1 y 1 de la longitud focal.

Para corregir esta aberración y obtener lentes acromáticas, se adhieren a lentes convergentes talladas en vidrios poco dispersivos, denominados crowns, lentes divergentes de vidrios muy dispersivos, los flints, constituidos a base de silicato de plomo, como el cristal.

3. Las otras aberraciones tiene de particular que dependen no solamente de la posición y de la abertura del diafragma que pueda acompañar a la lente. En primer lugar, la imagen de un objeto plano perpendicular al eje óptico es una superficie curva de revolución alrededor de este eje. sobre una pantalla plana perpendicular al eje se recibe la imagen de un cuadrado, puedo obtenerse una figura cuyos lados son más o menos abombados en forma de la media luna, o bien en forma de tonel, esta aberración se llama distorsión, y es debida a que aumento lineal varia al alejarse del eje.

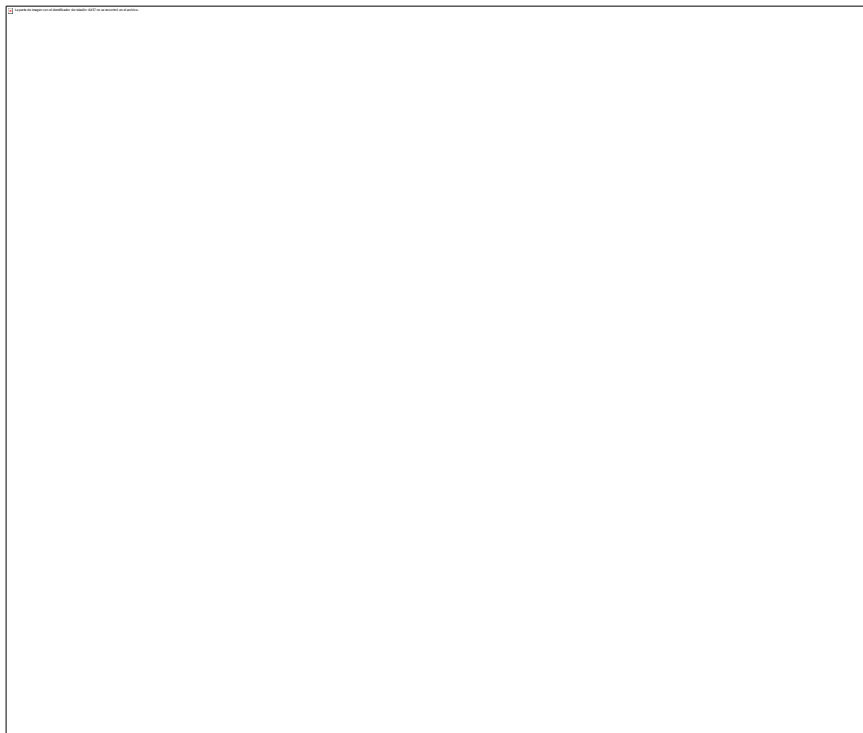


Figura 10. Algunos tipos de lentes acromáticas con su respectivo diagrama de rayos según sea la situación y el lente.

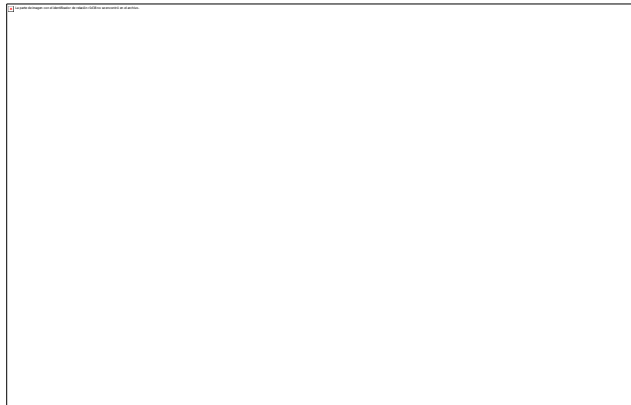


Figura 11. Diagrama de una distorsión de imagen causada por aberración de un lente.

Ametropías Esféricas

La miopía, hipermetropía y presbicia son ametropías esféricas debido a que simplemente corresponden a situaciones ópticas que se corrigen con lentes esféricas

Lentes esféricas

Se denominan lentes sólidos de materia transparente: vidrio, cristal, cuarzo, sal gema, etc., que constan de dos caras, que son casquetes esféricos, o bien una cara plana y otra esférica. El borde de los lentes suele ser, por lo general, circular, pero puede también tener otra forma; por ejemplo, los cristales de los antiguos anteojos eran ovalados o elípticos. Se denomina eje óptico de una lente la recta que pasa por los centros **O** y **O'** de las dos esferas que limitan la cara, o la recta que pasa por el centro de la esfera perpendicular a la cara plana. Este eje atraviesa la lente en dos puntos **S** y **S'** denominados vértices.

Una lente esférica puede definirse como una lente que tiene el mismo poder (o la misma curvatura) en todos sus meridianos. Si tomamos una esfera y la cortamos a la mitad, obtenemos dos lentes esféricas que tienen ambas una superficie plana (la superficie de corte) y una curva, convexa, que corresponde a la semiesfera.

Cuando las lentes esféricas tienen una o dos superficies convexas se conocen como lentes convexas o positivas. El ejemplo que todos conocemos de una lente de este tipo es la lupa. Las lentes positivas hacen converger los rayos de luz que las inciden en un punto denominado foco. Cuanto mayor sea el poder de la lente, más cerca de ella estará el foco. Si se analiza la figura 12 vemos cómo la lente A, que es débil, enfoca los rayos lejos de ella mientras que la lente B, que es mucho más potente, los enfoca muy cerca de su centro.

Ahora bien, si una lente tiene una o dos superficies cóncavas se conoce entonces como lente cóncava o negativa y tiene la propiedad óptica de hacer diverger los rayos de luz que la inciden.

Imaginemos un tabique de plastilina sobre el cual presionamos fuertemente una esfera de metal. Al retirar la esfera, la huella que ésta haya dejado en la plastilina es una superficie esférica cóncava. Al igual que las anteriores, entre más potente es una lente cóncava o negativa, más hará diverger los rayos de luz que la inciden. En la figura 13 se observan dos ejemplos de lentes cóncavas. La primera (A) es débil y apenas hace que los rayos de luz que la inciden diverjan, mientras que la lente B, muy potente, tiene un gran poder de divergencia sobre los rayos de luz.



Figura 12. Lentes esféricas convexas o positivas.

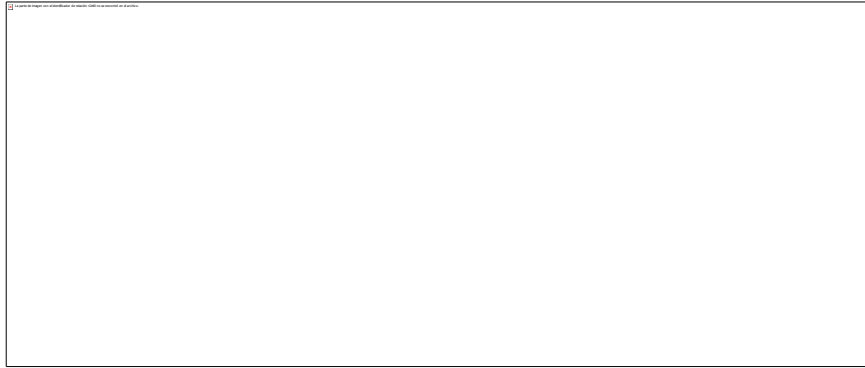


Figura 13. Lentes esféricas cóncavas o negativas.

Miopía

Es un error en el enfoque visual que causa dificultad de ver los objetos distantes. Con este problema visual los objetos cercanos se ven claramente, pero los lejanos se ven borrosos. Esto es el resultado de que la imagen visual se enfoca delante de la retina, y no directamente sobre ella.

Existen dos tipos de miopía:

1. **Miopía simple:** hasta 8 o 9 dioptrías. Se estabiliza en torno a los 20 años de edad. Es la más común, aparece durante la infancia y la juventud y no presenta ningún problema serio asociado.
2. **Miopía magna:** a partir de 9 dioptrías. Se estabiliza a una edad más avanzada que la simple. Esta va asociada a degeneraciones de la retina, del vítreo y de las coroides. Entre otros, se corre el riesgo de desprendimiento de retina, glaucoma y cataratas y en casos extremos ceguera. Se da más frecuentemente en mujeres.

Cuanto antes aparezca la miopía más severa será cuando se estabilice.

La miopía puede asociarse a ciertos tipos de cataratas. También puede ser causada por el queratótomos, una enfermedad que reduce el espesor de la cornea aumentando su curvatura.

Existe también la pseudomiopía, que se asocia a algunas drogas y a ciertas enfermedades como la diabetes tipo 2. La pseudomiopía suele desaparecer cuando cesan las causas.

El factor genético: La probabilidad de desarrollar una miopía se incrementa si existen antecedentes familiares.

Síntomas

Los síntomas son: visión borrosa de los objetos lejanos (se tiende a entornar los ojos para ver más nítidamente), dolores de cabeza y cansancio ocular.

Es más complicado de detectar en los niños. Ha de sospecharse si entornan mucho los ojos para mirar a la pizarra en el colegio o la televisión o si se acercan mucho al libro cuando leen. Los miopes suelen desarrollar la presbicia (vista cansada) algo más tarde que el resto de la gente.

Diagnosis

Cuanto antes se detecte la miopía, mejor, pues puede suponer una traba importante para un niño. Los niños menores de 16 años deberían revisarse la vista una vez al año si no tienen problemas. En otro caso la revisión debe ser más frecuente. En el caso de los adultos la revisión debería ser bianual, o más frecuente si tiene algún problema.

El método de diagnóstico de la miopía suele ser empleando unos optotipos, de los que los más comunes son los de Snellen, que a 6 metros de distancia presentan al paciente una serie de letras por filas ordenadas por un número que indica la agudeza visual necesaria para leer cada fila. Si el paciente no sabe leer o es un niño, se emplea una "E" dibujada en cuatro posiciones.

Corrección

Gafas: Son más baratas que las lentes de contacto y se pueden utilizar a cualquier edad. No son adecuadas para algunos trabajos y se empañan en ambientes húmedos.

Lentes de contacto: Proporcionan una visión lateral mejor que las gafas. Hay quien las elige por motivos estéticos. Requieren cierta limpieza y cuidados. Si no se emplean y mantienen adecuadamente pueden producir infecciones, arañazos en la córnea, etc.

Explicación Física De La Miopía

La miopía es un defecto refractivo consistente en que el ojo es incapaz de enfocar objetos lejanos, haciendo que aparezcan borrosos. La mayoría de las miopías se consideran como una variación de la visión normal, más que una patología.

Los rayos de luz que penetran en el ojo son refractados por la córnea y el cristalino. Para que la visión sea nítida deben enfocarse exactamente sobre la retina. En el ojo miope, la luz se enfoca delante de la retina debido principalmente a dos posibles causas como lo son que la córnea esté demasiado curvada o que el globo ocular sea demasiado grande.

El ojo miope tiene un sistema óptico con un exceso de convergencia. El foco está delante de la retina cuando el ojo está relajado, sin efectuar acomodación, y al alcanzar la máxima acomodación está más cerca del cristalino que en el ojo normal.

La persona miope no ve bien de lejos. Al estar el punto focal del ojo más cerca de la córnea que en un ojo normal, los objetos situados en el infinito forman la imagen delante de la retina y se ven borrosos. Empiezan a verse bien cuando están cerca (en el punto remoto). Del punto remoto al punto próximo realiza

acomodación como el ojo normal; En consecuencia el punto remoto y el punto próximo están más cerca que en el ojo normal.

Para corregir la miopía se necesitan lentes divergentes: divergen los rayos que llegan. El foco de las lentes divergentes empleadas para corregir la miopía debe estar en el punto remoto para que los rayos que salen de ellas se enfoquen en la retina.

Como ya se menciona al ser la miopía una dificultad de visión esférica, se utilizaran para la realización de esta corrección lentes esféricas cóncavas o negativas, por lo cual todas las dioptrías que se obtengan vendrán señaladas con un signo negativo en la formulación.



Figura 15. Diagrama de un ojo con miopía. El punto remoto y el punto próximo están más cerca que en el ojo normal.

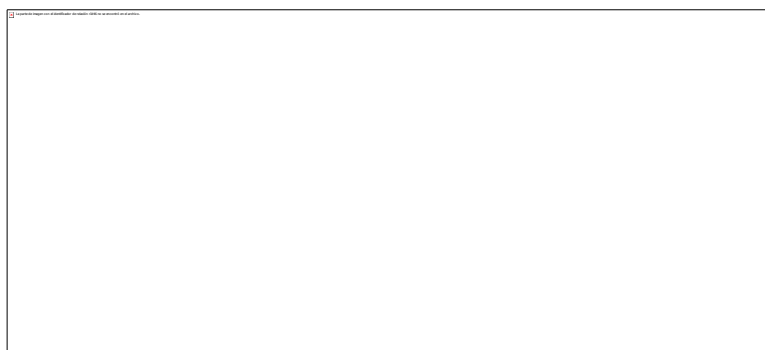


Figura 16. Diagrama de la corrección de la miopía por medio de una lente. El foco de las lentes divergentes empleadas para corregir la miopía debe estar en el punto remoto para que los rayos que salen de ellas se enfoquen en la retina.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto es necesario conocer los instrumentos que convencionalmente se utilizarían en la realización de las prueba de agudeza visual y cuales serian los materiales que se pueden utilizar del laboratorio de óptica para realizar las mismas actividades.

Optotipos

Es un instrumento oftalmológico utilizado para evaluar la agudeza visual y la visión de los colores. Se denominan optotipos a las tablas que llevan impresas letras, números y figuras en diferentes tamaños -previamente determinados-, y que se catalogan en décimas de visión.

Los optotipos se pueden presentar en pantallas retroiluminadas o en proyectores. La actualidad, de todos los optotipos que hay en el mercado, el más utilizado es el conocido como Carta de Snellen.

Caja de prueba

Es el conjunto de todas las lentes con la cual se realizan las respectivas correcciones según sea la dificultad visual que se presente en el momento. Dentro de los materiales están lentes esféricas cóncavas y convexas, lentes cilíndricas cóncavas y convexas y lentes de prismas cóncavos y convexas.

Las Dioptrías de los diferentes lentes Esféricos y Cilíndricos van en secuencia desde el 0,12 y 0,25 varían hasta llegar a 4,00. Las siguientes medidas empiezan a variar de 0,50 hasta llegar a 8,00. Desde 9,00 hasta 16,00 varía de

1,00. Y desde 18,00 hasta 20,00 cambia de 2,00. Todas estas medidas vienen en positivos (+) y negativos (-).

Para estos materiales es necesario contar con una serie de lentes esféricas cóncavas a las cuales se les debe conocer su dioptría (índice de refracción) para poder realizar las medidas correctas.

Montura de Prueba

Es un dispositivo con forma de lente en cual se puede colocar las lentes cuando se esté realizando la prueba de agudeza visual, de tal manera que se hace mucho más fácil el colocar, cambiar y combinar las lentes cuando se está realiza dicho estudio, así como también la graduación en cuanto al ángulo de medidas de ser necesario.

En el caso de las monturas de pruebas se pueden sustituir por unas porta lentes que realizaran la función de sostenerlas para poder realizar la prueba.



Figura 16 optotipo de Snelle.

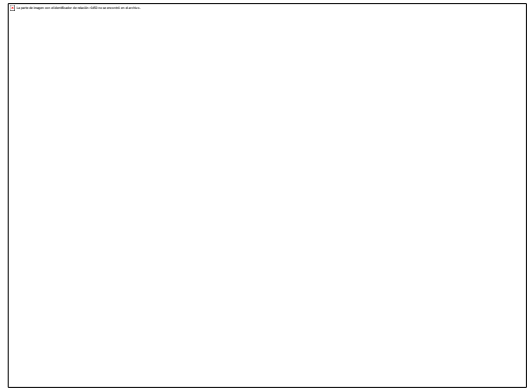


Figura 17. Caja de prueba

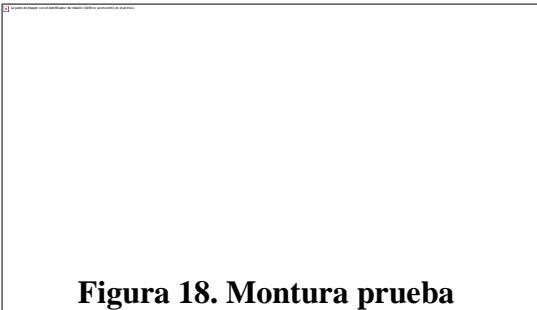


Figura 18. Montura prueba



Figura 19. Porta lentes

Metodología del Trabajo.

La prueba se suele realizar aumentando el tamaño del patrón hasta conseguir su resolución. En general, el tamaño de la letra es cinco veces mayor que la anchura de cada una de sus ramas. La “mejor” letra de Snellen es la letra E, que posee dos rasgos y tres huecos. Otras letras como la L o la T, no tienen ningún hueco y por lo tanto no reúnen estrictamente las condiciones para medir la agudeza visual, es decir, la capacidad para ver un hueco. Una ventaja del uso de letras en comparación con las C de Landoltes que existen 26 letras para escoger, lo que reduce enormemente la posibilidad de que el paciente las adivine correctamente.

Para niños preescolares y analfabetos, a menudo se utiliza el optotipo con la letra E en distintas posiciones, facilitando la prueba, ya que solo tendrá que indicar hacia que orientación se encuentran los tres huecos de la E. El tamaño de las letras de la escala de Snellen aumenta en proporción geométrica de 20/16, 20/20, 20/31, 20/39, 20/48, 20/61, 20/76, 20/95, 20/120, 20/149, 20/186 y 20/ 232. En la práctica se siguen redondeos de este mismo esquema desde hace 100 años, es decir, usamos 20/15 para 20/16; 20/30 para 20/31; 20/100 para 20/95; 20/200 para 20/186.

Al identificar la pérdida porcentual de agudeza visual como consecuencia de una lesión o enfermedad tiene importancia muchas veces de tipo médico-legal. Y el uso de estas aproximaciones de la vida diaria puede traer imprecisiones y consecuencias en dictámenes judiciales.

Bailey y Lovie diseñaron y propusieron una cartilla que estandarizaría las respuestas para cada tamaño de letra en cada una de las líneas. Esto lo lograron al utilizar una progresión logarítmica del tamaño de los optotipos, obteniendo la igualdad en el discernimiento. Propusieron que cada línea de optotipos contenga cinco letras y el espacio entre ellas es exactamente el tamaño de las letras de la misma línea y el espacio entre las líneas es igual al tamaño del optotipo de la línea inferior. De tal manera que con esta cartilla, Bailey y Lovie innovaron el método

de evaluar la agudeza visual a través del logaritmo del mínimo ángulo de resolución (logMAR). Este tipo de escala establece: 1) la agudeza visual 20/20 es igual a 0.00 en logMAR y 2) el 20/200 representa en log MAR la unidad (1,0). Por lo tanto, cada sucesivo cambio de línea representa un cambio de 0,10 unidades logarítmicas. En una línea de cinco letras cada letra tiene un valor de 0,02 unidades de logarítmicas; de esta manera se pueda anotar objetivamente el valor de la agudeza alcanzada dentro de una línea. Esto hace que la prueba tenga un alto grado de confiabilidad. En el área de la investigación es llamada una “Prueba de Oro”.

Actualmente, con la información que proporcionan los aberrometros en el diagnóstico de las aberraciones del sistema visual, se han incorporado al lenguaje Optométrico definiciones nuevas para entender este nuevo campo. Y de igual manera se han incorporado técnicas de medición de la agudeza visual para evaluar los resultados en agudeza visual de los nuevos diseños en lentes de contacto hidrofílicos y lentes oftálmicos, y precisamente para las evaluaciones en el proceso de investigación usan este tipo de cartillas con notación logarítmica, lo cual otorga una validez al resultado

EQUIVALENCIAS DE AGUDEZA VISUAL EN DISTINTAS NOTACIONES

MAR (Minutos de Arco)	Snellen Pies	Snellen Metros	Eficiencia Visual de Snell-Sterling (%)	Fracción de Snellen	Log MAR
0,5	20/10	6/3	109	2,0	0,3
0,75	20/15	6/4,5	104	1,33	0,1
1,00	20/20	6/6	100	1,0	0
1,25	20/25	6/7,5	96	0,8	-0,1
1,5	20/30	6/9	91	0,67	-0,18
2,0	20/40	6/12	84	0,5	-0,3
2,5	20/50	6/15	76	0,4	-0,4
3,0	20/60	6/18	70	0,33	-0,5
4,0	20/80	6/24	58	0,25	-0,6
5,0	20/100	6/30	49	0,2	-0,7
6,0	20/120	6/36	41	0,17	-0,78
7,5	20/150	6/45	31	0,133	-0,88
10,0	20/200	6/60	20	0,10	-1,0
20,0	20/400	6/120	3	0,05	-1,3

Para la realización de la prueba de agudeza visual para determinar el nivel miopía de las personas se debe colocar el optotipo en una pared o su defecto proyectarla sobre una superficie si es utilizado un proyecto de imágenes en vez de la tabla tradicional, a una altura determinada por el alto de la silla que se valla a utilizar para que queden completamente paralelos.

Seguidamente la persona debe sentarse en la silla que debe estar ubicada entre 4m y 6m dependiendo el tipo de optotipo que se este utilizando. La distancia recomendadas se establecen en función de la tabla ya que cada línea trae establecido el nivel de corrección según la distancia correcta.

Una vez sentada el paciente se debe cubrir completamente el ojo izquierdo sin tocárselo, por lo que se recomienda utilizar un porta lentes completamente tapado o en su defecto crear un arco con la mano y cubrirse el ojo.

El paciente ya con el ojo cubierto deberá empezar a nombrar las letras que se encuentran en el optotipo en el mismo orden que están, de cometer alguna falla

la persona que realiza la prueba según la línea que empiece a presentar la deficiencia empezara a colocar en otro portante las lentes según la dioptría que sea mas apropiada según indique la tabla.

Al colocar la lente el paciente deberá volver a leer la línea anterior al fallo y la del fallo para constatar la corrección, una vez realizada la verificación. Si persiste la falla se vuelve a realizar el cambio de la lente hasta conseguir la lente apropiada de la corrección. Los cambios de lentes se realizan de una medida en una medida según el tipo de lentes, es decir menores a 4,00 se debe hacer de 0,12 en 0,12 según como se tengas las lentes.

Para el caso de las ópticas estas no trabajan con estas dioptrías de 0,12 sino con dioptrías de 0,25, por lo cual al tener una lectura con este valor; la persona que realice la medida buscara una escala superior o menor según las condiciones del paciente. Esta restricción es debido a razones comerciales ya que los laboratorios no cuentan con lentes prefabricadas con estas dioptrías lo que implicaría un aumento de tiempo y dinero para la realización de dichas lentes.

Una vez obtenida la dioptría del ojo derecho se procede a repetir el procedimiento anterior con el ojo izquierdo. Al igual se debe cubrir el ojo completamente sin tocar y empezar a leer el optotipo y establecer donde posiblemente este la falla visual.

Después de obtenida ambas dioptrías se debe hacer leer nuevamente el optotipo pero ahora con las dos lentes de cada ojo y constatar la mejoría de la visión para constatar que son correctas dichas medidas. Siempre es recomendable dejar por cierto tiempo las lentes para establecer que no existe ninguna otra anomalía como puede ser cansancio visual, dolor de cabeza o mareos ya que en algunos casos es posible que no solo se cuente con una sola dificultad visual.

De tener otra dificultad visual es posible que con la corrección de miopía que es la que se está estudiando posiblemente por un instante se crea corregida pero en un tiempo el paciente presentara unos efectos secundarios como se menciono anteriormente por lo cual se tendría que realizar otra dioptría pero con

otro tipo de lentes, y en muchos caso con el ángulo de incidencia lo que llevaría a modificar la dioptría inicial obtenida.

Es de destacar esto ya que en la presente investigación solo se tomo en cuenta la miopía como tal y no se tomo en cuenta la corrección de una posible combinación de dificultades, lo que en muchos casos podría llevar a un lectura errada de las dioptrías realizadas a cada sujeto de estudios.

Cuando se realizan los exámenes de agudeza visual los resultados se escriben primero los resultados relacionados a los lentes esféricos, luego los resultados en cuanto lentes cilíndricos y en ultimo caso los de prismas.

Resultados Obtenidos

A continuación se presentan una serie de cuadros donde se especifica la lectura obtenida con los materiales de laboratorio y los obtenidos por un optometrista el cual será tomado como el valor real para realizar el cálculo de errores.

Estos resultados se presentaran en 3 grupos clasificados con el número 1 personas que solo presentaron miopía. El numero 2 las personas que presentaron astigmatismo miopico y con el numero 3 personas con 2 o mas dificultades.

Grupo numero 1

Valores obtenidos con material de laboratorio:

1. Ojo Derecho (OD) -0,50 y Ojo Izquierdo (OI) -0,25
2. Derecho (OD) -2,00 y Ojo Izquierdo (OI) -1,12
3. Derecho (OD) -1,00 y Ojo Izquierdo (OI) -1,00
4. Derecho (OD) -0,75 y Ojo Izquierdo (OI) -1,25

Valores obtenidos por el optometrista

1. Derecho (OD) -0,50 y Ojo Izquierdo (OI) -0,25
2. Derecho (OD) -0,50 y Ojo Izquierdo (OI) -0,25
3. Derecho (OD) -1,00 y Ojo Izquierdo (OI) -1,00
4. Derecho (OD) -0,75 y Ojo Izquierdo (OI) -0,75

En este grupo se puede apreciar que el margen de error es mínimo entre materiales de laboratorio y equipo especializado, sin embargo como ya se hizo mención los optometrista no consideran viable el uso de lentes con valor de 0,12 y la sumas de estos, por lo cual se explica el error que se destaca en el paciente numero 2. Además que como los valores obtenidos son bajos los resultados de variación también lo son, por lo que el nivel de error aumenta.

Grupo Número 2

Valores obtenidos con material de laboratorio:

1. Ojo Derecho (OD) -1,25 y Ojo Izquierdo (OI) -1,00
2. Derecho (OD) -0,37 y Ojo Izquierdo (OI) -0,37
3. Derecho (OD) -1,50 y Ojo Izquierdo (OI) -1,37
4. Derecho (OD) -0,75 y Ojo Izquierdo (OI) -0,75

Valores obtenidos por el optometrista

1. Derecho (OD) -1,00 x 180° y Ojo Izquierdo (OI) -0,75 x 160°
2. Derecho (OD) -0,25 x 90° y Ojo Izquierdo (OI) -0,25 x 90°
3. Derecho (OD) -1,25 x 180° y Ojo Izquierdo (OI) -0,75 x 180°
4. Derecho (OD) -0,50 x 180° y Ojo Izquierdo (OI) -0,50 x 180°

Calculo de Error

Ojo Derecho

Nº de pacientes	OD muestra	OD Real	Error Absoluto	Error Relativo	Error porcentual
1	-1,25	-1	-0,25	0,25	25
2	-0,37	-0,25	-0,12	0,48	48
3	-1,5	-1,25	-0,25	0,2	20
4	-0,75	-0,5	-0,25	0,5	50

Ojo Izquierdo

Nº de pacientes	OI Muestra	OI Real	Error Absoluto	Error Relativo	Error Porcentual
1	-1	-0,75	-0,25	0,33333	33,33
2	-0,37	-0,25	-0,12	0,48	48
3	-1	-0,75	-0,25	0,33333	33,33
4	-0,75	-0,5	-0,25	0,5	50

En estos cuadro se puede apreciar cómo afecta la combinación de otras dificultades visuales a los resultados obtenidos durante esta investigación, como se menciona anteriormente solo se tomaron medidas de miopía. Y en este caso se tienen personas que resultaron tener astigmatismo miopico, lo que significa que no solo se debía realizar la medición con la lente, sino que también debía hacerle un ajuste al ángulo de incidencia, lo que proporciona la diferencia entre ambas lecturas.

Cuando se realizaron las medidas las diferencias de medidas hacían creer que la corrección era correcta, pero en la comprobación de que también se quedaban las medidas, se presentaron una serie de anomalías, que permitieron saber que esa no era la medida correcta, Por lo cual los errores obtenidos aquí, no son por uso humano sino fisiológico.

Grupo Número 3

Valores obtenidos con material de laboratorio:

1. Ojo Derecho (OD) -1,50 y Ojo Izquierdo (OI) -1,75
2. Derecho (OD) -2,87 y Ojo Izquierdo (OI) -2,25

Valores obtenidos por el optometrista

1. Derecho (OD) -0,75, -0,50 x 90° y Ojo Izquierdo (OI) -0,50. -0,50 x 90°
2. Derecho (OD) -0,50, -2,50 x 90° y Ojo Izquierdo (OI) -2,00 x 100°

Calculo de Error

Ojo Derecho

N° de pacientes	OD muestra	OD Real	Error Absoluto	Error Relativo	Error porcentual
1	-1,5	-0,75	-0,75	1	100
2	-1,87	-0,5	-1,37	2,74	274

Ojo Izquierdo

N° de pacientes	OI muestra	OI Real	Error Absoluto	Error Relativo	Error porcentual
1	-1,37	-0,5	-0,87	1,74	174
2	-2,25	-2	-0,25	0,125	12,5

En estos caso es evidente que existe un gran margen de error, debido a que aquí se tiene una combinación de 2 o mas dificultades visuales lo que hace prácticamente difícil establecer el valor de las dioptrías con equipos sencillos de laboratorio, por que se presentan combinaciones de lentes lo que con equipo especializado es posible y con material de laboratorio no.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta investigación se ha establecido los principios físicas que se dan en los ojos sanos como en aquellos que sufren de dificultades visuales, para poder establecer si es viable y factible realizar medidas de dioptrías ópticas con materiales del laboratorio de óptica.

Con las actividades realizadas en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Existen materiales del laboratorio de óptica que pueden suplir a los utilizados por los oftalmólogos y oculistas para la realización de los exámenes de agudeza visual, como son los portante para sustituir las monturas de pruebas, en el caso de no poseer un optotipo se pueden utilizar proyectores multimedia o retroproyectors con la imagen del optotipo; siempre que se mantenga establecido el tamaño de la proyección con respecto a la distancia que se utilizar.
2. Cuando se trate de establecer dioptrías para dificultades visuales como la miopía la utilización de materiales de laboratorio es factible siempre y cuando se lo conozca la dioptría de las lentes, para realizar las lecturas correctas. Las condiciones en las que debe estar las lentes debe ser óptimas, sin marcas ni ralladuras.
3. Al realizar la prueba de agudeza visual se debe tener claro que no existe otra dificultad visual que no sea la que se esté realizando, porque esto comprometería las medidas lo que ocasionara medias completamente erradas y por lo tanto no cumplirá la función de corregir la dificultad visual presente.

REFERENCIAS

- Abrahams, Peter. Marks, Sandy. Hutchings, Ralph. “Gran atlas McMinn de anatomía humano” Oceano/Mosby Barcelona España 5ta edición.
- Arquetipo grupo editorial. “Guia completa. El cuerpo Humano, para conocer su anatomía y funciones” Arquetipo grupo editorial. Edicion 2009.
- Gardner E, Gray D.J, O’Rahilly R. Anatomia “Estudios por las regiones del cuerpo humano”. Salvart editores, S.A. Barcelona España. Tercera Edicion.
- Serway, R., J. Jewett. Física para ingeniería .Thomson Brooks/Cole. Belmont. 2004.
- Tippens,P. Física, Conceptos y Aplicaciones. McGraw-Hill.New York.2001.
- VALERO, Michel., Física Fundamental. Ed. Norma Enciclopedia Larousse tomo 2. FISICA, MATERIA Y ATOMOS: Círculo de lectores.
- <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/ollo.htm> (Consulta 2011, Diciembre15)
- <http://www.opticas.info/articulos/miopia.html> (Consulta 2011, Diciembre15)
- <http://www.tuotromedico.com/temas/miopia.htm> (Consulta 2011, Diciembre15)
- <http://www.horusgo.com/elojo.htm> (Consulta 2011, Diciembre15)
- <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0504-01/nat-luz.html> (Consulta 2012, Enero 02).
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/snell/snell.htm> (Consulta 2012, Enero 08).
- http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/reflex_Refrac/Refraccion.htm (Consulta 2012, Enero 12).
- http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/ens_3/portafolios/fisica/equipo4/refraccion.htm(Consulta 2012, Enero 12).

<http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/39/refraccion.htm>(Consulta 2012, Enero 20).

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/historia/Historia.htm>(Consulta 2012, Enero 25).

http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/%C3%93ptica/Naturaleza_de_la_luz
(Consulta 2012, Enero 25).

<http://www.yio.com.ar/fo/indiceref.html>(Consulta 2012, Febrero 06).

<http://www.agrarias.unlz.edu.ar/lomas/ojo.htm>(Consulta 2012, Febrero 06).

<http://www.slideshare.net/edupomar/fisiologia-de-la-vision-3613322>(Consulta 2012, Febrero 06).
