

TEMA II

LENSES MULTIFOCALES II

- Posición del centro óptico de cerca en lentes bifocales
- Efectos prismáticos en lentes bifocales
- Salto de imagen
- Aberraciones en lentes bifocales
- Montaje de lentes bifocales y trifocales

PROGRAMA

- 1.- Posición del centro óptico de la visión de cerca.
 - 1.1.- Lentes esféricas
 - Estudio gráfico
 - Estudio teórico
 - a) bifocal con línea visible
 - b) Bifocal con línea invisible
 - c) Bifocales fusionadas y cementadas
 - d) Caso general
 - Interpretación gráfica
 - 1.2.- Lentes astigmáticas
- 2.- Inconvenientes de las lentes bifocales
 - 2.1.- Efectos prismáticos
 - 2.2.- Salto de imagen
 - 2.3.- Aberraciones
- 3.- Montaje de bifocales y trifocales

1. POSICIÓN DEL CENTRO ÓPTICO DE LA VISIÓN DE CERCA

1.1.- Lentes esféricas

Consideremos que toda lente bifocal (línea visible, invisible o fusionada) es asimilable a una lente para lejos sobre la cual está pegada una pequeña lente adicional cuya potencia es justamente la adición.

Llamemos L = centro óptico en Visión de Lejos (VL)
 P_L = potencia de la lente en VL
 C \equiv centro óptico y geométrico de la pastilla adicional.
 A \equiv adición (que siempre va a ser +)
 O \equiv centro óptico de la Visión de Cerca (VC)
 P_c \equiv potencia de la lente en VC

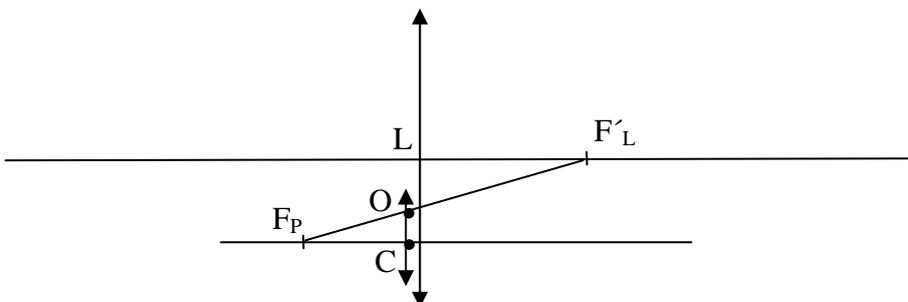
Vamos a buscar el centro óptico O basándonos en la definición clásica: el centro óptico es un punto para el cual no hay desviación del rayo luminoso (esto como ya es sabido es válido para lentes delgadas).

Estudio gráfico

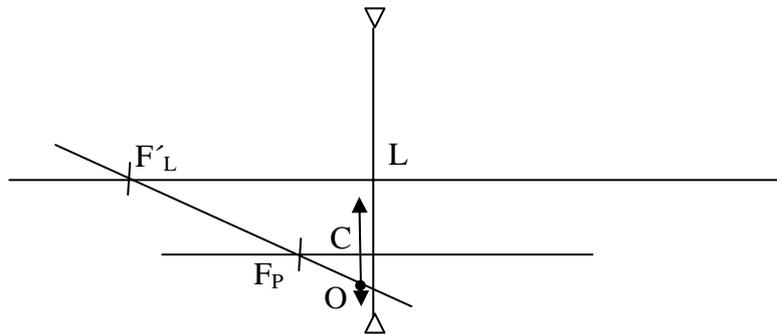
Sea F'_L la focal imagen de la lente de VL y F_P la focal objeto de la pastilla adicional. El centro óptico en VC estará situado en la intersección de la recta que une estas dos focales. Un rayo que parte de la focal objeto sale paralelo, un rayo que incide paralelo sale por la focal imagen. (Como además: el espacio entre las dos es despreciable el rayo no se desvía).

Ejemplo

$$\left. \begin{array}{l} F_P < 0 \\ F'_L > 0 \end{array} \right\}$$



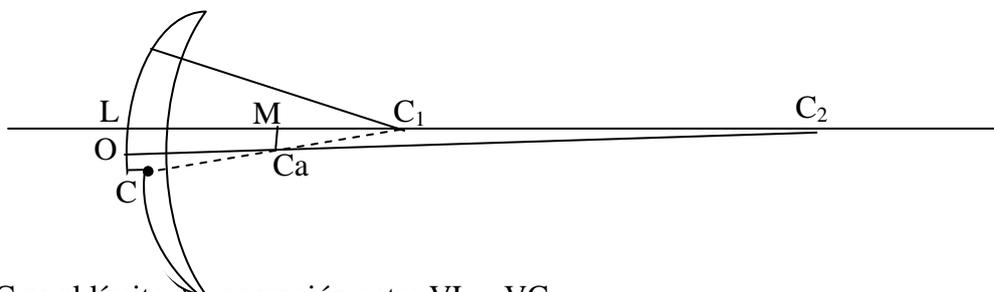
Si tomamos ahora, $F'_L < 0$ $F_P < 0$



Estudio teórico

Bifocal con línea visible

Esta bifocal está realizada de manera que los planos tangentes en el límite de separación de las dos zonas son paralelos. Lo que implica que los centros de curvatura de la cara bifocal están alineados con ese borde de separación.



C es el límite de separación entre VL y VC.

R_1 es el radio de curvatura en VL de la cara anterior de centro C_1 .

R_2 es el radio de curvatura de la cara posterior de centro C_2 .

R_a es el radio de la cara anterior en VC de centro C_a .

Sean P_1 , P_2 y P_a sus potencias. Los centros C_1 , C_a y C están alineados.

- C_1 y C_2 es el eje óptico de la lente VL, la intersección con la lente nos da el centro óptico de la VL = L.
- C_2 C_a es el eje óptico de la lente en VC, la intersección con la lente nos da el centro óptico de la VC, o sea O.

Tomemos los triángulos $\widehat{LOC_2}$ y $\widehat{C_2C_aM}$

si despreciamos el espesor (y el escalón) de la lente frente a R_2 , podemos escribir las siguientes relaciones:

$$\frac{LO}{MC_a} = \frac{LC_2}{MC_2} = \frac{R_2}{R_2 - R_a}$$

Si tomamos ahora los triángulos \widehat{CLC}_1 y \widehat{CaMC}_1 ,

$$\frac{LC}{MCa} = \frac{R_1}{R_1 - R_a}$$

Si dividimos miembro a miembro,

$$\frac{LO}{LC} = \frac{R_2}{R_2 - R_a} * \frac{R_1 - R_a}{R_1} = \frac{R_1 R_2 - R_2 R_a}{R_2 R_1 - R_a R_1}$$

Si ahora dividimos arriba y abajo por $R_1 R_2 R_a$ y multiplicamos por $(n-1)$ numerador y denominador:

$$\frac{LO}{LC} = \frac{\frac{n-1}{R_a} - \frac{n-1}{R_1}}{\frac{n-1}{R_a} - \frac{n-1}{R_2}}$$

ahora bien, $\frac{1-n}{R_2} = P_2$, $\frac{n-1}{R_a} = P_a$, $\frac{n-1}{R_1} = P_1$

con lo cual, $\frac{LO}{LC} = \frac{P_a - P_1}{P_a + P_2}$

$P_a - P_1$ representa el valor de la adición :

$$A = P_C - P_L = P_a + P_2 - P_1 - P_2 = P_a - P_1.$$

Y $P_a + P_2$ es la potencia de la lente en VC, luego:

$$\frac{LO}{LC} = \frac{A}{P_C}$$

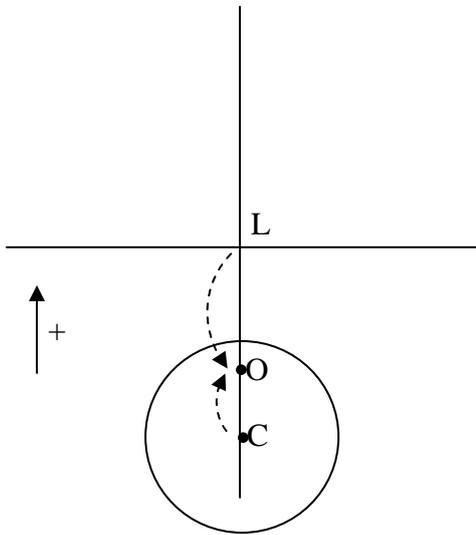
$$LO = \frac{LC \cdot A}{P_C} = \frac{LC}{\frac{P_L}{A} + 1}$$

$$(P_C = P_L + A)$$

Bifocales fusionadas y aplicaciones cementadas

Los resultados precedentes son válidos para las bifocales fusionadas considerando el punto C el centro geométrico de la pastilla. Sabemos que el centro óptico es un punto para el cual no hay desviación del rayo luminoso. El centro óptico en VC, O, será el punto para el cual el efecto prismático Δ_1 debido a la VL es igual y de signo contrario al efecto prismático Δ_2 debido a la adición (A, no $P_C = A + P_L$) ya que el efecto prismático de la lente de lejos ya lo he tenido en cuenta. No hay que tener en cuenta la potencia de

la pastilla, sino la diferencia de potencias – la potencia suplementaria introducida – ya que para la potencia correspondiente a VL, P_L , ya he tenido en cuenta el efecto prismático.



$$\left. \begin{aligned} \Delta_1 &= LO * P_L \\ \Delta_2 &= LO * A \end{aligned} \right\}$$

$$LO * P_L = OC * A$$

$$LC = LO + OC \Rightarrow OC = LC - LO$$

$$LO * P_L = LC * A - LO * A$$

$$LO(P_L + A) = LC * A$$

$$LO = \frac{LC}{\frac{P_L}{A} + 1}$$

INTERPRETACIÓN GEOMÉTRICA

La posición del centro óptico de cerca viene dada por la expresión:

$$LO = \frac{LC}{\frac{P_L}{A} + 1}$$

esta es la ecuación de una recta donde $\frac{P_L}{A} + 1 = m$, es la pendiente y $LO = f(LC)$. Además esta recta pasa por el origen. ($P_L=0 \Rightarrow LO = LC$). El punto O se encuentra siempre en la recta que definen LC y ocupa todas las posiciones cuando las potencias de lejos y de cerca varían.

Si ahora tenemos en cuenta las diferentes categorías de bifocales podremos analizar dónde puede encontrarse, en cada caso, el centro óptico O.

- Caso Hipermetrope – présbita

En este caso,

$P_L > 0$ } $m < 1 \Rightarrow$ O se encuentra entre L y C, ($m = LO/LC$), tanto más cerca de L como fuerte es la
 $A > 0$ } hipermetropía (Si $P_L \uparrow \uparrow$ entonces $m \downarrow \downarrow$). Y tanto más cerca de C como débil es la
 hipermetropía (Si $P_L \downarrow \downarrow$, $m \rightarrow 1$).

- Caso Emétrope – présbita.

$P_L=0$, luego O y C están confundidos.

- Caso Miope – presbíta:

$P_L < 0$ }
 $A > 0$ } Aquí pueden darse tres situaciones:

1^{ra}) Que $|A| < \text{miopía}$

Esto significa que $|A| < P_L \Rightarrow |P_L / A| > 1$, pero $P_L < 0$, luego $(P_L/A) < -1 \Rightarrow m < 0$.

El centro óptico se encuentra entonces por encima de L y tanto más próximo como la miopía es más fuerte.

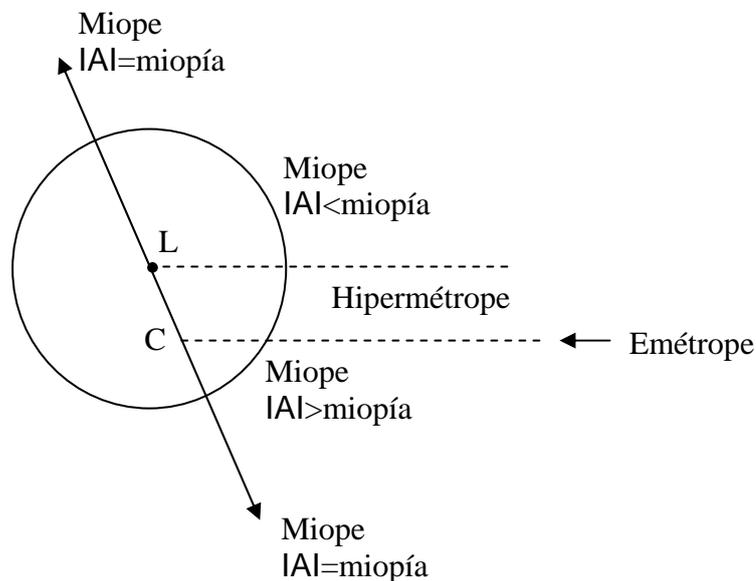
2^o) Que $|A| > \text{miopía}$

En este caso $(P_L/A) > -1$ y por lo tanto $m > 0$. El centro óptico se encuentra por debajo de C ($m > 1$) y por tanto más cerca de C cuanto más débil es la miopía.

3^o) Que $|A| = \text{miopía}$

La adición es igual en valor absoluto a la miopía – es decir VC corregida – en este caso el centro óptico O ($m = \infty$) se encuentra en el infinito.

Resumiendo:



INTERPRETACION GRAFICA

Para determinar rápidamente la posición de O y más exactamente para conocer el valor LO vamos a mostrar una interpretación gráfica.

La fórmula general es $LO = (LC) / (P_L/A + 1)$

Si llamamos $h = LC$ y $w = LO$

Entonces,

$$w = h / (1 + P_L/A)$$

Pongamos $a = A/P_L$ y tracemos la recta $y = ax$.

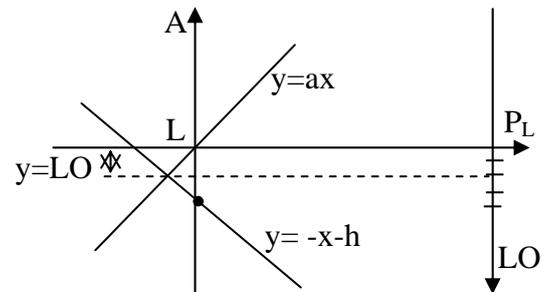
Tracemos igualmente la recta $y = -x-h$ correspondiente al valor de h que es característico de cada bifocal. En un punto x se cortarán las dos rectas:

$$y/a = x = -y-h \quad \Rightarrow \quad y/a = -y-h$$

$$(y/a) + y = -h \Rightarrow y((1/a) + 1) = -h$$

luego,

$$y = \frac{-h}{\frac{1}{a} + 1} = \frac{-h}{\frac{P_L}{A} + 1} = -w$$



Llevando sobre las “y” negativas los valores de h se lee directamente en esta escala los valores de $w = LO$.

Hay que darse cuenta que para trazar las rectas

$$A = y/x = A/P_L \quad ; \quad \text{podemos identificar:} \quad y = \frac{A}{P_L} x$$

Es indispensable para el óptico conocer la posición del centro óptico en VC para escoger el tipo de bifocal que convendrá para la corrección. Se encuentran, o se pueden hacer, sistemas de coordenadas rectangulares que con ayuda de una regla se puede hallar la posición del centro óptico en VC con respecto al de VL (LO). Este sistema presenta:

- 1) En abscisas las potencias de VL (en dioptrías).
- 2) En ordenadas positivas la adición en dioptrías.
- 3) En ordenadas al lado derecho las distancias en mm del centro óptico O con respecto a L.
- 4) Un haz de rectas que representan las bifocales ($y = -x -h$). Para representar esto sólo es necesario conocer el valor de h.
- 5)

Recordemos que: $h = 4$ mm para línea visible
 $h = 24$ mm para línea invisible segmento 40 mm

h = 15 mm fusionada $\varnothing = 22$ redondo
 h = 11 mm panto recto
 h = 9 mm panto curvo

1.2. Lentes astigmáticas

ESTUDIO GRÁFICO.-

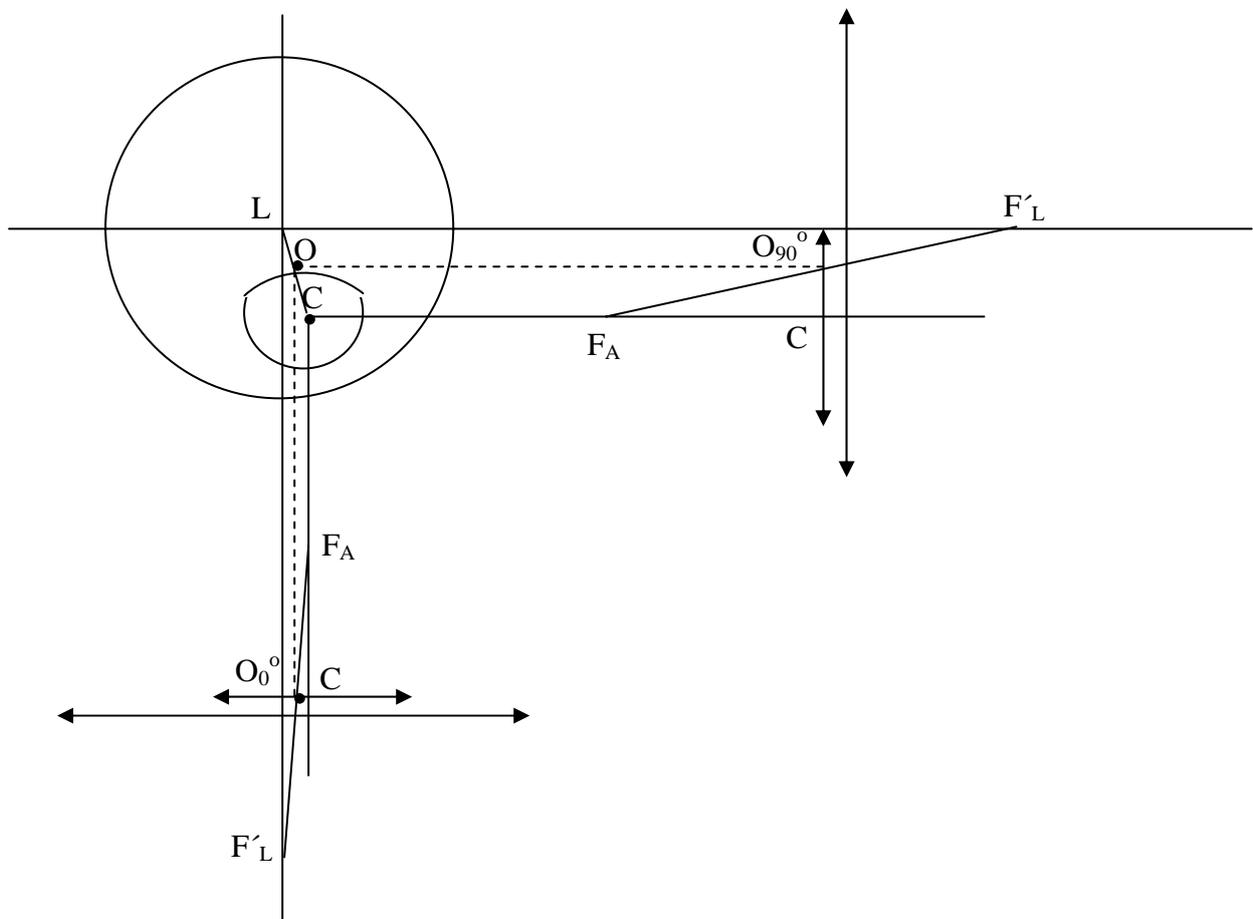
En cada meridiano principal una lente astigmática puede asimilarse a una lente esférica.

Para la determinación de la posición del centro óptico de cerca, aplicaremos sucesivamente para el meridiano de 0° y para el de 90° el método descrito para el caso de lentes esféricas. El conocimiento de dos coordenadas en un diedro rectangular (coordenadas vertical y horizontal) nos da el centro óptico O en VC, estando este punto ligeramente fuera de la recta LC.

Para el cálculo podemos aplicar para cada meridiano:

$$LO \cdot P_L + (CL + LO) A = 0$$

Es decir vamos a considerar la lente en cada caso como si fuera esférica, y en la intersección obtendremos el centro óptico de cerca O.

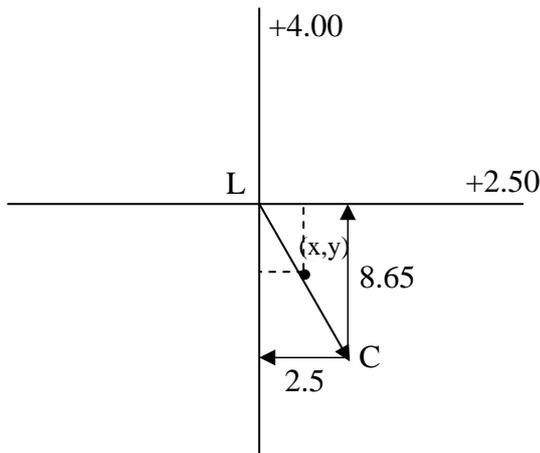


CÁLCULO.

Como lo vamos a descomponer en 2 meridianos tenemos que reconsiderar el problema. Lo que tenemos que hacer es buscar el punto para el cual la suma de los efectos prismáticos debidos a la VL y a la VC sea nulo.

Supongamos el siguiente ejemplo: OD +4.00 (-1.50) 90°
A=+3.00

La distancia CL es de 9 mm y podemos considerar por ejemplo que C está descentrado nasalmente 2,5 mm.



El punto para el cual la suma de efectos prismáticos será nula es el punto (x,y).

Luego el efecto prismático para la VL será,

$$\Delta'_H = +2.50 (x - 0)$$

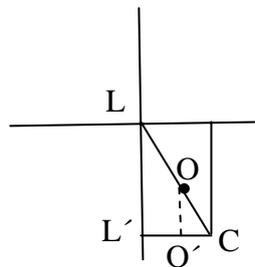
$$\Delta'_V = +4.00 (x - 0)$$

Vamos a usar x e y en mm en todos los casos. No obtendríamos dioptrías prismáticas pero de lo que se trata es de hacer una igualación.

En VC:

$$\Delta''_H = (+3.00) (x - 2,5)$$

$$\Delta''_V = (+3.00) (y + 8,65)$$



$$\Delta_H = +3.C0'$$

$$C0' = CL' - O'L'$$

$$= -L'C + L'O'$$

$$= x - 2.5 \Rightarrow$$

$$\Delta''_H = +3 (x - 2,5)$$

Si igualamos,

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_H = \Delta''_H + \Delta'_H = +2,5 x + 3.00 x - 7.5 = 0 \Rightarrow 5,5 x = 7,5 \Rightarrow x=1.36 \text{ mm} \\ \Delta_V = \Delta''_V + \Delta'_V = 4.00 y + 3.00 y + 3 (8.65) \Rightarrow 7.00 y = -3(8.65) \Rightarrow y=-3.71 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Luego la posición de O con respecto a L es de 1,36 mm lado nasal y de 3,71 mm lado inferior.

Esto que hemos hecho también se puede hacer aplicando la relación $LO \cdot P_L + (CL + LO) A = 0$ a cada uno de los dos meridianos.

Veámoslo: (A siempre es una lente esférica)

$$- LO_{90^\circ} P_{L90^\circ} + (CL_{90^\circ} + LO_{90^\circ}) A = 0$$

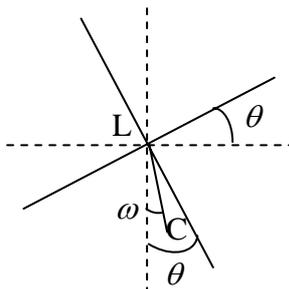
$$LO_{90^\circ} (4) + (8,65 + LO_{90^\circ}) 3 = 0 \quad \Rightarrow \quad LO_{90^\circ} = -3.71$$

- $LO_0^\circ P_{L0^\circ} + (CL_0^\circ + LO_0^\circ) A = 0$

$$LO_0^\circ (2,50) + (-2,5 + LO_0^\circ) 3 = 0 \quad \Rightarrow \quad LO_0^\circ = 1,36 \quad (\text{Cambia el criterio de signos})$$

¿Qué ocurre si los meridianos principales son distintos de 0° y 90°?

En este caso lo único que hay que hacer es ponerlo todo con el nuevo sistema de referencia.



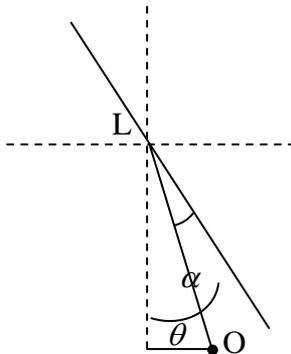
$$x_c = LC \text{ sen } (\theta - \omega)$$

Hay que tener en cuenta los Signos.

$$y_c = LC \text{ cos } (\theta - \omega)$$

y operar de la misma manera que en el caso anterior (por cualquiera de los dos procedimientos).

La posición de O obtenida tiene como referencia los meridianos principales y hay que volverla a pasar a la H y V.



$$x = LO \text{ sen } (\theta - \alpha)$$

$$y = LO \text{ cos } (\theta - \alpha)$$

Se pueden dar dos expresiones generales para x e y pero son tan complicadas que es preferible actuar como siempre.

Como lo que se trata es de anular el efecto prismático hay que tener en cuenta la base de los prismas (Dos prismas en la misma dirección sólo se anulan si las bases están en sentidos opuestos). El estudio gráfico sería el mismo en este caso.

2.- Inconvenientes de las lentes bifocales

2.1.- Efectos prismáticos

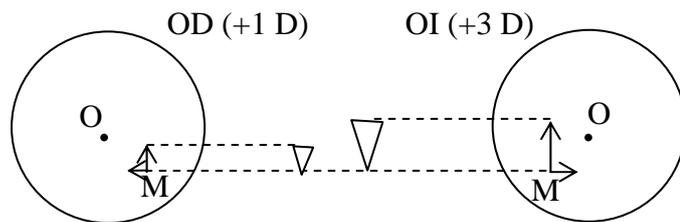
La visión oblicua con lentes unifocales sabemos que está perturbada por un efecto prismático. La componente horizontal de ese efecto va a influir en la convergencia (efectos de convergencia o divergencia acentuados de los ejes visuales) pero esto no tiene una gran importancia ya que las reservas

de fusión laterales son importantes y capaces de absorber las desviaciones producidas por esta componente horizontal. Es decir que se mantiene la visión binocular sin molestias ni diplopia.

La componente vertical provoca una especie de hipoforia artificial, es decir una desviación de los ejes visuales en el sentido vertical (elevación o bajada de las líneas de mirada). Esta componente vertical es una de las principales causas de intolerancia de las bifocales en los anisométricos (anisométrico = sujeto con potencias diferentes en cada ojo). Esto es debido a que la capacidad del organismo de absorber un efecto prismático en el sentido vertical es prácticamente nula.

Caso de los anisométricos (correcciones diferentes en los dos ojos)

1.- Corrección por monofocal



* En visión central o en la proximidad de los centros ópticos de las lentes, la fusión de las imágenes retinianas es correcta ya que los efectos prismáticos (los verticales en particular) son poco importantes.

Se admite generalmente que la hipoforia medida por la diferencia de los valores de las componentes verticales se vuelve molesta si sobrepasa 1 dioptría prismática.

Hay que señalar sin embargo que dada la diferencia de potencia entre las dos lentes existe una diferencia de tamaño de las imágenes retinianas lo que produce una ligera aniseiconia en general poco molesta.

* En visión oblicua los efectos prismáticos son diferentes pero la diferencia entre el OD y el OI aumenta rápidamente. La visión binocular se vuelve imposible para el anisométrico cuando su mirada se aleja de la región central de la lente correctora.

Los anisométricos corregidos no se sirven de la visión oblicua más que muy raramente. Si necesitan una visión binocular nítida, instintivamente van a utilizar la parte central de sus lentes, con movimientos compensatorios de la cabeza, siguiendo una zona panorámica horizontal ya que, como hemos dicho, en el plano horizontal que pasa por los ejes de los dos ojos pueden obtener una cierta compensación de los efectos prismáticos horizontales.

2.- Corrección por bifocal

Lo que acabamos de ver para la visión con monofocales sigue siendo válido para las bifocales, pero además como la zona de VC se encuentra en la zona baja de la lente donde hay una diferencia entre los efectos prismáticos verticales importante entre los dos ojos, hace imposible la visión binocular. Aquí ya no es cuestión de movimientos compensatorios de la cabeza por motivos obvios ya que la solución para hacer la diferencia entre los dos efectos prismáticos $\leq 1 \Delta$ sería que los ojos girasen ángulos diferentes lo que es imposible.

Los anisométricos adaptados a sus lentes monofocales tienen dificultades en el paso a bifocales, viniendo esta dificultad de la VC.

La adaptación es difícil y cuando se obtiene son normalmente los anisométricos débiles, o bien porque el sujeto utiliza la visión monocular de su mejor ojo o la visión alternante.

Ejemplo:
Consideremos un anisométrico

O.D. V.L. = ± 1.00	O.I. V.L. = +4.00
A = +2.00	A = +2.00

El efecto prismático en un punto M situado a 12 mm en la vertical de L, será:

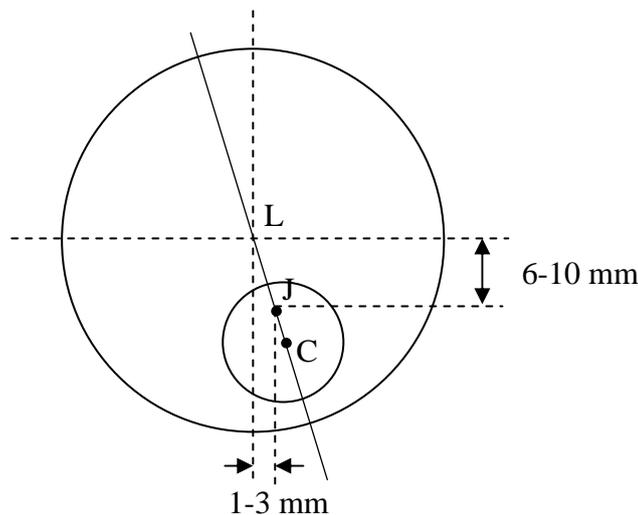
O.D. $\Delta_v^D = 1 \times 1.2 = 1,2 \Delta$	}	luego hay una diferencia de 3,6 Δ
O.I. $\Delta_v^I = 4 \times 1.2 = 4,8 \Delta$		

Es inútil tener en cuenta el efecto prismático debido a la adición ya que es la misma para las dos lentes (si nos basamos en la ley fisiológica que dice que los dos ojos acomodan la misma cantidad). Además la forma de la pastilla no interviene para nada en este caso de diferencia de efectos prismáticos.

Punto de lectura (Reading point)

Se llama así a la posición media J del punto en el cual la línea de mirada encuentra la lente, cuando el sujeto utiliza la zona de cerca de la lente bifocal. Naturalmente J está mal determinado y depende no solamente del sujeto (estatura, distancia interpupilar) sino además de su distancia de trabajo.

Experimentalmente, el americano Ellerbrock da como zona de utilización en VC (para una lente situada a 12 mm del ojo) entre 1 a 3 mm del lado nasal a partir de la posición primaria de mirada, que confundiremos con el centro óptico L de la VL y entre 6 y 10 mm –incluso más– hacia abajo para un punto de fijación situado a 400 mm.



SOLUCIONES

¿Qué hacer si se debe equipar a un anisométrico con bifocales?.

Pasos a seguir:

1.- Elección del tipo de bifocal de manera conveniente.

Si el punto de lectura J, no está confundido con el centro óptico de cerca, O, (qué es la solución ideal) la línea de mirada va a sufrir en este punto un efecto prismático:

$$\boxed{\Delta_J = P_C \cdot \overline{JO}} \quad (P_C = P_L + A)$$

Antes de equipar a un sujeto con bifocales es preferible intentar reducir los efectos prismáticos con una buena elección del tipo de lente bifocal a aconsejar.

2) Equipamiento con bifocales de diferente tipo

Esta segunda solución consiste en equipar el OD con un tipo de bifocal (por ejemplo con segmento semipantoscópico recto) y el OI con otro tipo (por ejemplo un segmento redondo) buscando que la diferencia entre las dos nunca sea mayor que 1Δ .

Esta solución técnicamente válida está lejos de ser estética y además no suele ser normal encontrar a alguien dispuesto a llevar una bifocal de cada clase y además para esto es casi mejor llevar dos pares de gafas.

3) Modificación de la potencia en VL

La tercera solución consiste en modificar ligeramente la potencia en VL hasta que la diferencia de efectos prismáticos en VC entre los dos ojos se encuentre en los límites de la tolerancia.

Esto sacrifica un poco el confort en VL, pero se obtiene para la VC una visión binocular aceptable.

Esto consistiría, en el ejemplo anterior poner el

$$\underline{OI + P_L = +2.00} \Rightarrow LO = 6.10 \Rightarrow JO = 1,89 \Rightarrow \Delta_J^I = 4,5 \times 0,189 = 0,8 - 0,07 = 0,715 \Delta < 1\Delta$$

4) Utilización de bifocales con compensación prismática

Generalidades.-

Aquí no se busca suprimir totalmente los efectos prismáticos Δ_J^D y Δ_J^I lo que obligaría a poner un prisma compensador en cada una de las lentes y daría prismas demasiado importantes, sino lo que se pretende es conseguir un equilibrio de los efectos prismáticos entre los dos ojos. Este equilibrio es suficiente para asegurar la visión binocular.

En resumen se calcula el efecto prismático para los dos ojos Δ_J^D y Δ_J^I .

Supongamos en particular, que tenemos $\Delta_J^D > \Delta_J^I$, entonces las dos soluciones posibles serán:

a) Compensar el OD con un prisma igual a $\Delta_J^D - \Delta_J^I$ para llevar el valor del prisma del OD al valor del OI (sería un prisma con la base en sentido contrario).

a) Compensar el OI con un prisma igual a $\Delta_J^D - \Delta_J^I$ para llevar el valor del prisma del OI al valor de OD (en este caso el prisma tendría la base en el mismo sentido).

Dicho de otra manera o se le quita un poco al OD o se le añade un poco al ojo izquierdo.

En los dos casos el prisma compensador es $\Delta^D_J - \Delta^I_J$ pero las bases están en sentidos opuestos. Veremos más adelante que la elección entre estas dos soluciones depende del dispositivo de compensación adaptado para obtener la mejor estética.

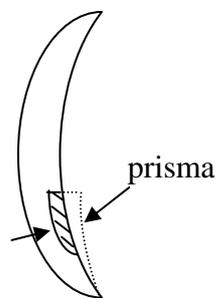
- En la actualidad dos dispositivos de compensación se pueden considerar partiendo de bifocales fusionadas con la línea de separación recta.
 - a) el primer dispositivo conduce a un prisma polimerizado con línea de separación visible recta.
 - b) El segundo dispositivo conduce a un prisma integrado tallado en masa vítrea con línea de separación invisible recta.

Formas de compensación prismática

- a) Lentes bifocales con compensación prismática (línea de separación visible). Polimerización de un prisma.

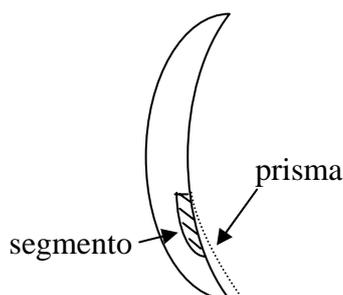
Imaginemos un caso en el que en el OD tenemos 5.7Δ BI y en el OI 2.7Δ BI

En nuestro ejemplo se podría compensar el efecto prismático añadiendo en visión de cerca un prisma de 3Δ BS en el OD solamente. Esta solución no puede ser mantenida ya que es inestética y molesta para el usuario, ya que conduce a situar la base del prisma en la línea de separación entre la VL y la VC.



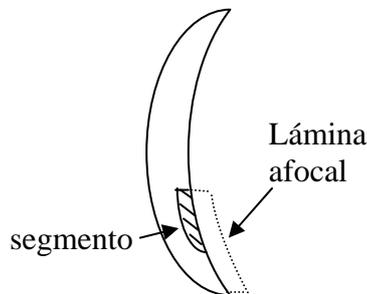
OD	-	OD	=	OI
	-		=	
$5,7\Delta$	-	3Δ	=	$2,7\Delta$

No queda más que una solución válida que es la polimerización en el ojo izquierdo de un prisma de 3Δ BI, que permite hacer coincidir la arista rectilínea del prisma –lo más delgada posible- con la línea superior del segmento.



OI	+	OI	=	OI
	+		=	
$2,7\Delta$	+	3Δ	=	$5,7\Delta$

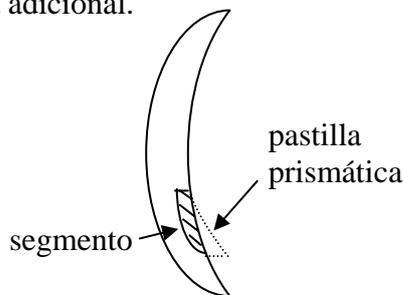
Por razones de simetría y estética se puede polymerizar sobre el OD una lámina afocal no prismática como si fuera un prisma.



Esta técnica presenta dos inconvenientes:

- es antiestética
- hay un aumento en el peso de la lente
- la única solución válida es un prisma BI.

Otra manera de proceder con esta técnica es polymerizar sobre la zona de VC una pastilla prismática adicional.



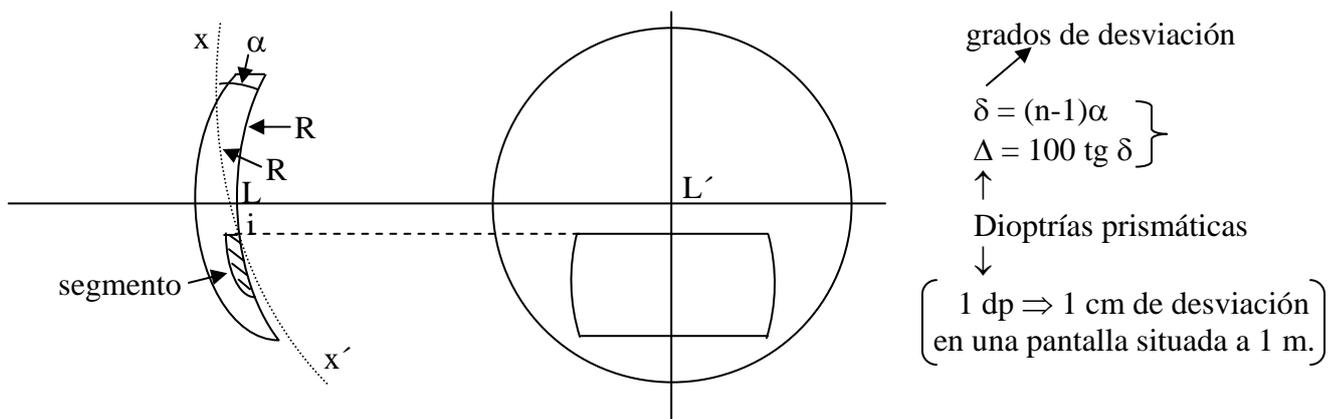
Esta solución encuentra, aunque en menor medida los mismos inconvenientes.

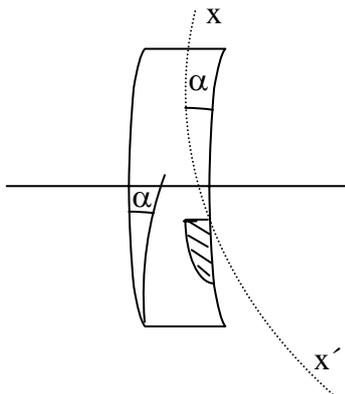
Este tipo de soluciones de polymerización de un prisma es una técnica que ya no se usa y que ha sido desplazada por la siguiente.

b) Lentes bifocales con compensación prismática talladas (línea de separación invisible).

Vamos a trabajar aquí con la lente que tiene el prisma más fuerte en VC, que en nuestro ejemplo es la del OD. Se trata de tallar en el vidrio un prisma de 3Δ BS en la zona de VC.

Para esto se talla sobre un bloque de vidrio una superficie xx' con el radio del bloque (puede ser un semiterminado) basculada un cierto ángulo α correspondiente al prisma pedido.





La intersección i entre las dos superficies esféricas del mismo radio R es un círculo cuya proyección es una línea recta (visto de frente) que se hace coincidir con la línea recta superior del segmento.

Es suficiente entonces tallar la superficie convexa centrada en el eje LL' para obtener la corrección deseada de la VL.

Haciendo esto se introduce en VC un prisma de 3Δ BS que equilibra el efecto prismático del OD con el del OI.

La línea de intersección i es prácticamente invisible y por ello se puede dejar la bifocal izquierda normal.

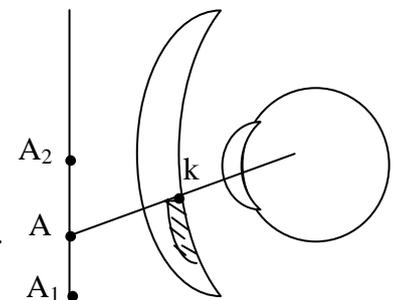
Este procedimiento no anula los efectos prismáticos en VC, sino que equilibra los efectos prismáticos entre los dos ojos. Esta compensación se hace para una pareja de bifocales o dicho de otra manera, pedir una sola lente bifocal no tiene sentido ya que el efecto prismático que hay que realizar por tallado depende de la corrección del otro ojo.

2.2.- Salto de imagen

Cuando la línea de mirada pasa sobre la línea que separa la VL y la VC hay un cambio brusco de potencia que obliga al ojo a modificar su acomodación, que en general, una vez adaptado el usuario, no resulta molesto. Por el contrario al pasar por esta línea, ciertas lentes bifocales presentan lo que se llama salto de imagen, es decir un cambio de posición de la imagen que necesita, a veces, de un período de adaptación por parte del usuario.

El salto de imagen es debido a la juxtaposición en la línea de separación de dos potencias diferentes que dan en un mismo punto dos efectos prismáticos diferentes e incluso a menudo de bases opuestas. Esto se traduce, para un sujeto equipado con lentes bifocales con salto de imagen, por el hecho de que un mismo punto objeto A visto en la separación de las dos visiones parece encontrarse A_1 para la visión de lejos y en A_2 para la V.C.

Hay pues un desdoblamiento de la imagen (diplopia) que sólo dura el tiempo de paso de la línea de mirada por k . Como en general este tiempo es corto parece que el objeto ha saltado de A_1 a A_2 . Esto puede ser desagradable para el usuario, al menos al principio, ya que en general se adapta. Además este efecto no es deseable ya que lleva a engaño en lo referente a la apreciación de la verdadera posición de los objetos.



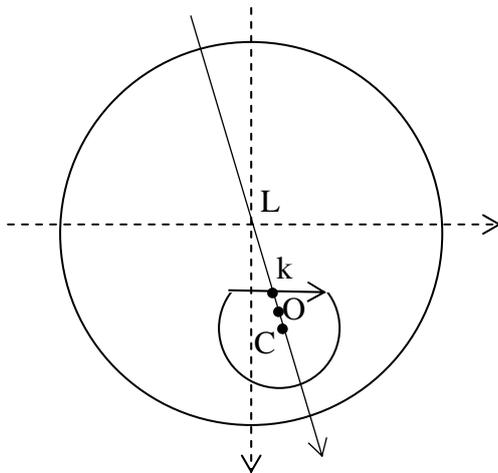
Los fabricantes buscan disminuir o anular lo máximo el salto de imagen. Vamos a calcularlo:

En el punto k –límite superior de la pastilla tenemos- tenemos dos efectos prismáticos verticales (en la línea de mirada) (los

horizontales ya hemos visto que no son importantes) debidos a la P_L y a la P_c . Es decir,

$$\Delta_L = LK P_L$$

$$\Delta_c = OK P_c$$



Podemos poner $OK = OL + LK$.

En el cálculo de la posición del centro óptico de cerca, O, nos hemos encontrado con:

$$LO = LC / (P_L/A) + 1 \quad (P_c = P_L + A) \longrightarrow LO = (LC) \cdot A / P_c$$

luego $\Delta_c = ((-LC \cdot A / P_c) + LK) P_c = -LC \cdot A + LK \cdot P_c$

La diferencia de efectos prismáticos en el punto k representa el salto de imagen. Es decir,

$$S = \Delta_c - \Delta_L = CL \cdot A + LK \cdot P_c - LK \cdot P_L = CL \cdot A + LK \cdot A$$

Como: $CL + LK = CL - KL = CK$ y $P_c = P_L + A$

luego $S = A \cdot CK$ } A en dioptrías
CK en cm S en dioptrías prismáticas

Si se tratase de una lente astigmática basta con hacer el mismo cálculo con el meridiano vertical y se obtiene el mismo resultado.

- El salto de imagen es el efecto prismático de la adición en el punto k.
- El salto de imagen no depende más que del tipo de bifocal

2.3.- Aberraciones

La pastilla de VC es un nido de diversas aberraciones que pueden afectar a la calidad –léase nitidez- de la imagen. Estas aberraciones son diferentes y aditivas. Sin embargo, las que más pueden repercutir son las de esfericidad, el astigmatismo y sobre todo la aberración cromática.

Aberraciones de esfericidad (aberración esférica y coma).

Este tipo de aberraciones no interviene prácticamente en la calidad de las imágenes retinianas. Esto es debido a que el diafragma de apertura del conjunto lente-ojo es el iris del ojo y por lo tanto sólo una pequeña zona de la lente es utilizada. (Desde ese punto de vista nos aproximamos bastante a la óptica paraxial).

Astigmatismo

Por construcción, la pastilla se encuentra en la parte periférica de la lente. El astigmatismo debido a los haces oblicuos es inevitable (el astigmatismo crece con la oblicuidad de la mirada).

Sólo podemos intentar disminuirlo. Para ello hay que utilizar bifocales con la forma de menisco óptima y fusionar la pastilla por la cara cóncava.

Se puede intentar acercar lo máximo la pastilla al centro geométrico de la VL pero esto tiene un límite evidente.

Aberración cromática (irisaciones)

Todo prisma tiene la propiedad de descomponer la luz blanca. Como ya hemos visto podemos asimilar los efectos de una lente al de dos prismas pegados, por lo que hay también una descomposición de la luz blanca. Esta aberración es tanto más fuerte cuanto mayor es:

- 1) la oblicuidad del haz (distancia al centro)
- 2) la potencia de la lente
- 3) la dispersión cromática del vidrio con el que está construida la lente
- 4) la distancia al CO

Las aberraciones cromáticas no tienen gran importancia en las lentes unifocales, (mientras permanezcamos con los vidrios usuales), pero en las bifocales se corre el riesgo de que sean importantes, sobre todo en las fusionadas (en las bifocales talladas no es muy importante). Esto es debido a que:

- A) La pastilla de flint o vidrio de bario tiene una potencia alta (ya que por una parte debe suplir la potencia de VL “quitada” y por otro la adición).

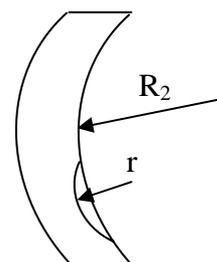
Ejemplo en una fusión interna

$$A = (n_f - n_c) (1/r - 1/R_2)$$

$$R = ((n_f - n_c) R_2) / (A R_2 + (n_f - n_c))$$

$$n_f = 1,700$$

$$n_c = 1.523$$



Para A = +2.00

$$P_2 = -6 \Rightarrow R_2 = 87,16 \text{ mm}$$

En crown.

$$r = 43,9 \text{ mm}$$

$$\begin{cases} P_2 = (1-n_c) / R_2 = (1-1,523) / R_2 \\ R_2 = (1 - 1,523) / (-6 \text{ dp}) = 0,08716 \text{ m} \end{cases}$$

$$P_{\text{past}} = (1,700 - 1) / (43,9 \cdot 10^{-3}) + (1 - 1,700) / (87,16 \cdot 10^{-3}) = 7,9 \text{ dt.}$$

Luego para una adición de +2.00 necesitaríamos una pastilla de 7,9 dt.

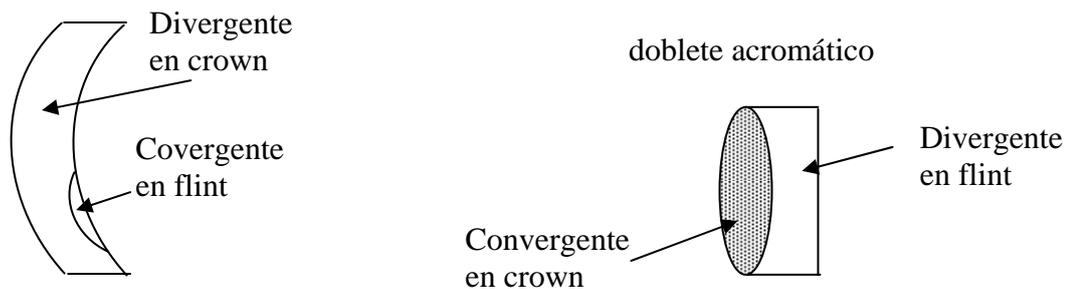
- B) La pastilla si es de vidrio flint tiene un poder dispersivo dos o tres veces más alto que el vidrio crown.

$$(\text{Dispersión} = (n_F - n_C) / (n_D - 1) = 1 / \gamma$$

$\gamma > 50$ crown	D = 589,3 nm (amarillo/naranja)
$\gamma < 50$ flint	F = 486,1 nm (azul H)
	C = 656,3 nm (rojo H)

- C) Se introduce inevitablemente un sobrecromatismo asociando una lente divergente de crown con una convergente de flint.

Recordemos que la solución que se adopta para la realización de dobletes acromáticos es justo la contraria



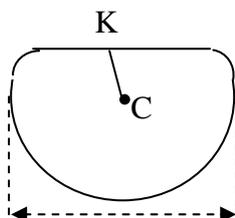
Esta aberración cromática se nota sobre todo en la periferia de la pastilla en forma de irisaciones. Es importante sobre todo con fuertes adiciones y pastilla redonda. En el paso de VL a VC esta aberración es particularmente molesta.

Se disminuye bastante suprimiendo la parte superior de la pastilla (segmento semipantoscópico), obteniéndose además un buen confort en el paso de VL a VC pero permanece todavía, sobre todo para altas adiciones, un cierto cromatismo que se nota en el borde circular del segmento.

Pastilla de bario

La utilización de vidrio de bario cuyo coeficiente de dispersión es mucho más pequeño que el del flint (prácticamente es el mismo que el del vidrio crown) es la solución a este problema.

Por una parte la utilización de este tipo de vidrio permite suprimir el sobrecromatismo introducido por la combinación divergente crown / convergente flint y la aberración cromática es del mismo orden que el de una lente unifocal (que es pequeña). Esto ha permitido aumentar el diámetro de la pastilla, por lo tanto el campo en VC y disminuir el salto de imagen al disminuir CK. Hay que tener en cuenta que el diámetro estaba limitado por esta aberración.



Si aumento puedo cortar más sin disminuir el campo.

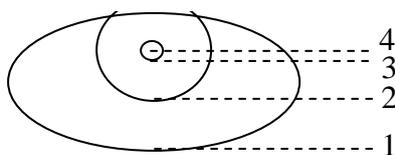
Por último, el segmento curvo suprime la mayor parte de los reflejos que se podían percibir en algunos casos con el segmento recto.

2.4 - Montaje de bifocales y trifocales

En lo que respecta al montaje de las lentes multifocales no existe una solución única. Cada caso es particular que debe ser tratado de una manera propia.

Diferentes puntos del ojo pueden servir como origen para colocar el segmento de la multifocal. Cada cual es libre de actuar como crea conveniente sin olvidar que estos puntos origen son susceptibles de presentar variaciones sensibles.

A título indicativo, veamos cuales son esos puntos y esas variaciones.



- 1.- borde del párpado inferior
- 2.- borde inferior del iris
- 3.- borde inferior de la pupila
- 4.- centro de la pupila

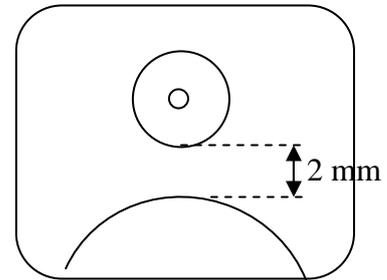
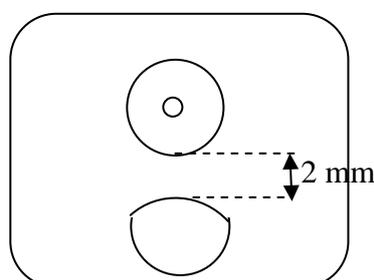
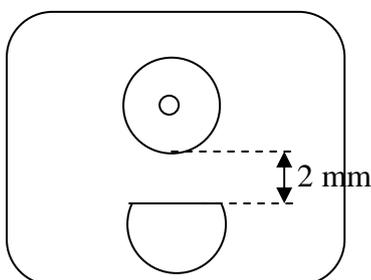
1 y 3) son variables según

- los individuos
- la iluminación (sobre todo 3)

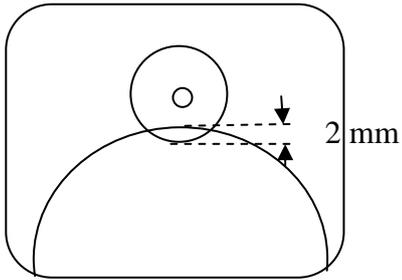
2) es un diámetro prácticamente constante. Buen origen mientras no sea tapado por el párpado inferior.

4) Teóricamente el mejor origen pero es el más difícil de utilizar en las condiciones habituales de trabajo.

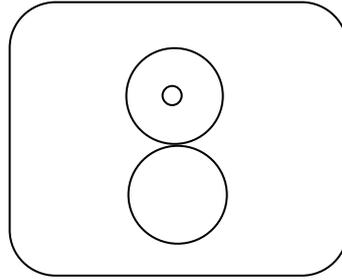
Desde un punto de vista teórico vamos a ver las medidas standard que se pueden tomar como punto de partida pero que pueden sufrir modificaciones en función de criterios diversos.



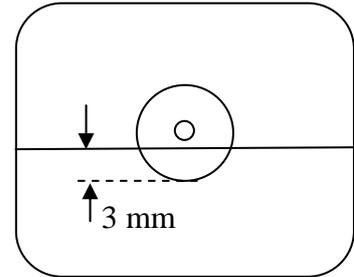
Bifocal semipantoscópica recto



Bifocal semipantoscópica curvo



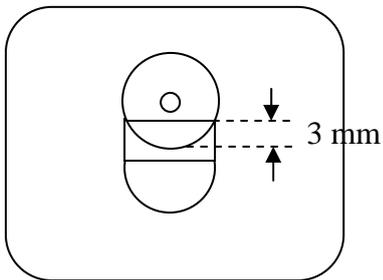
Línea de separación visible



Línea de separación invisible

Segmento redondo

Executive



Trifocales {
recto
curvo