

TEMA 1

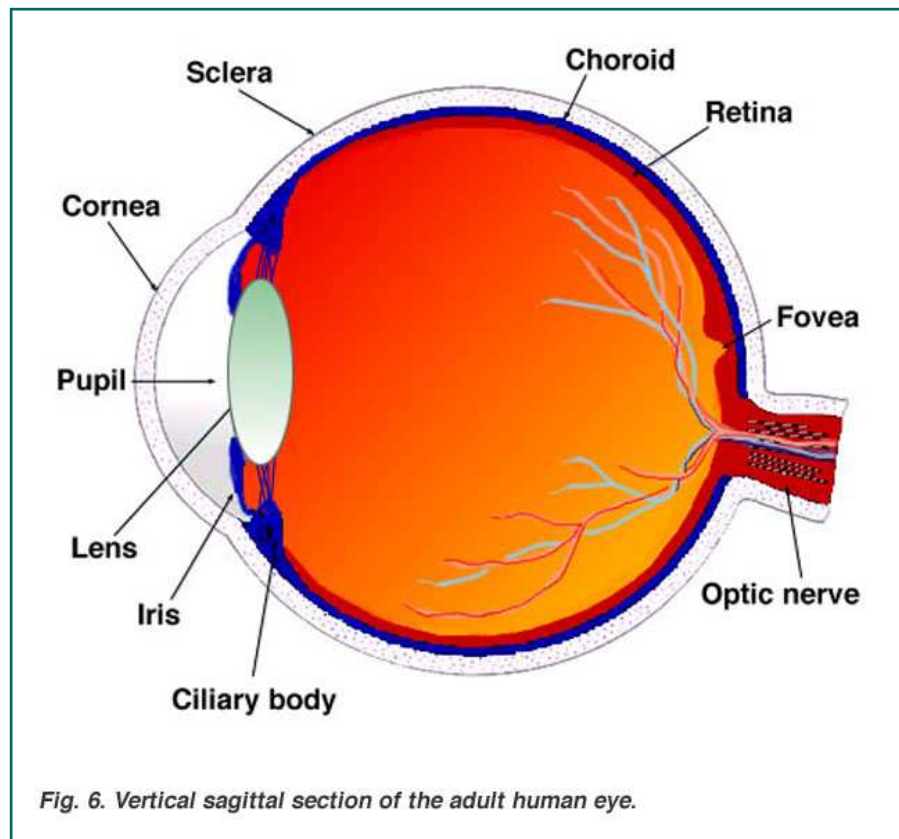
INTRODUCCIÓN A LA

ÓPTICA OCULAR

ÓPTICA OCULAR

- 1.1.- Introducción a la Óptica Ocular
 - 1.2.- Estructuras del ojo humano
 - 1.3.- Ejes y ángulos del ojo
 - 1.4.- Óptica Geométrica aplicada al ojo.
 - 1.4.A.- Aproximación paraxial
 - 1.4.B.- Ecuaciones básicas de la óptica paraxial
 - 1.4.C.- Sistemas centrados. Asociación de sistemas ópticos centrados
 - 1.4.D.- Relaciones de conjugación entre puntos
 - 1.4.E.- Notación en vergencias
 - 1.4.F.- Fórmulas de efectividad o de cambio de origen
 - 1.4.G.- Notación frontal de lentes esféricas gruesas
-

ÓPTICA OCULAR



El ojo humano es un instrumento óptico muy compacto (24mm) y con un campo visual muy amplio

Opera dentro de un rango muy variable de luminancia (desde 10^{-6} cd/m² hasta 10^8 cd/m²).

Sin embargo la óptica está descentrada y presenta unas aberraciones ópticas muy elevadas.

EL PROCESO VISUAL

El proceso de la visión consta de tres fases claramente delimitadas:

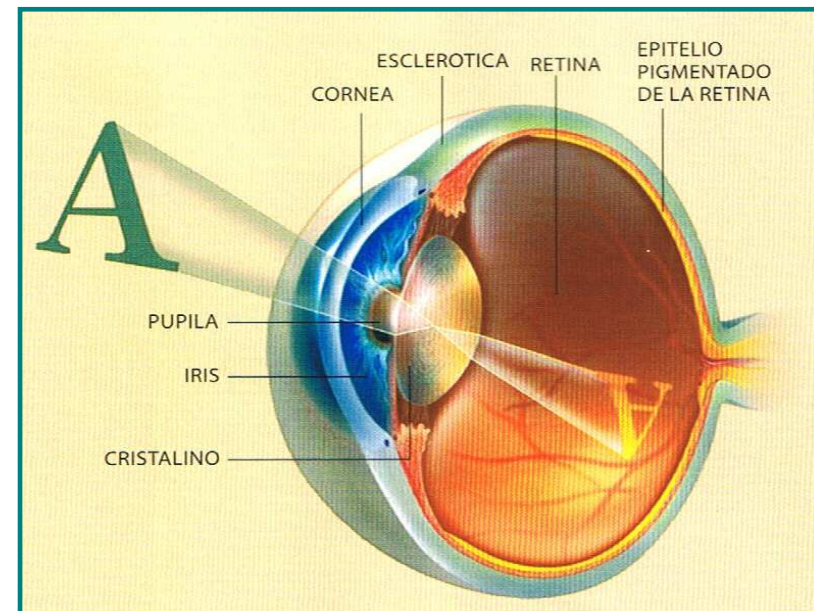
- Fase óptica: la luz focaliza en la retina y el resultado final es una imagen del mundo exterior.
- Proceso fotoquímico: En los conos y bastones de la retina, la señal de luz se transforma en un impulso eléctrico que seguidamente se transmite neurona a neurona hasta el cortex visual
- Proceso neural: a partir de la imagen retiniana en el cortex visual se construye una “imagen” del mundo exterior. Se decodifica la información



OPTICA VISUAL

Estudio de la formación de imágenes por el ojo.

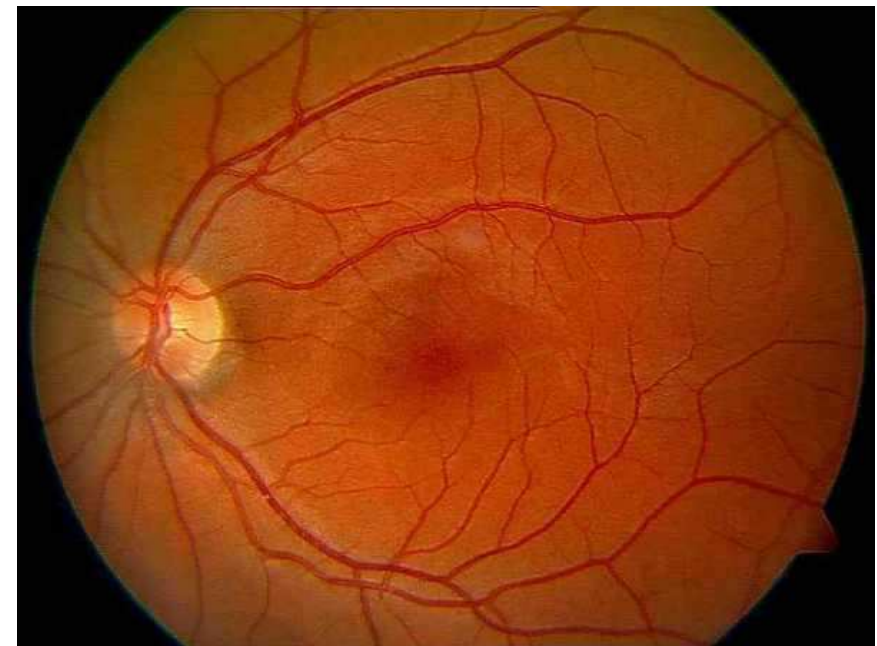
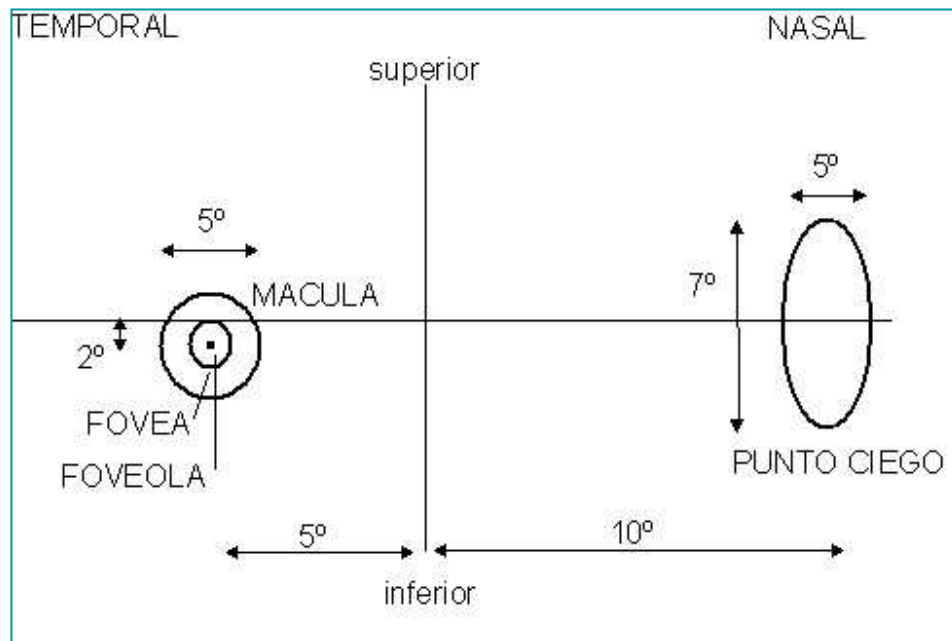
(estudio de la fase óptica del sistema visual)



FONDO RETINIANO

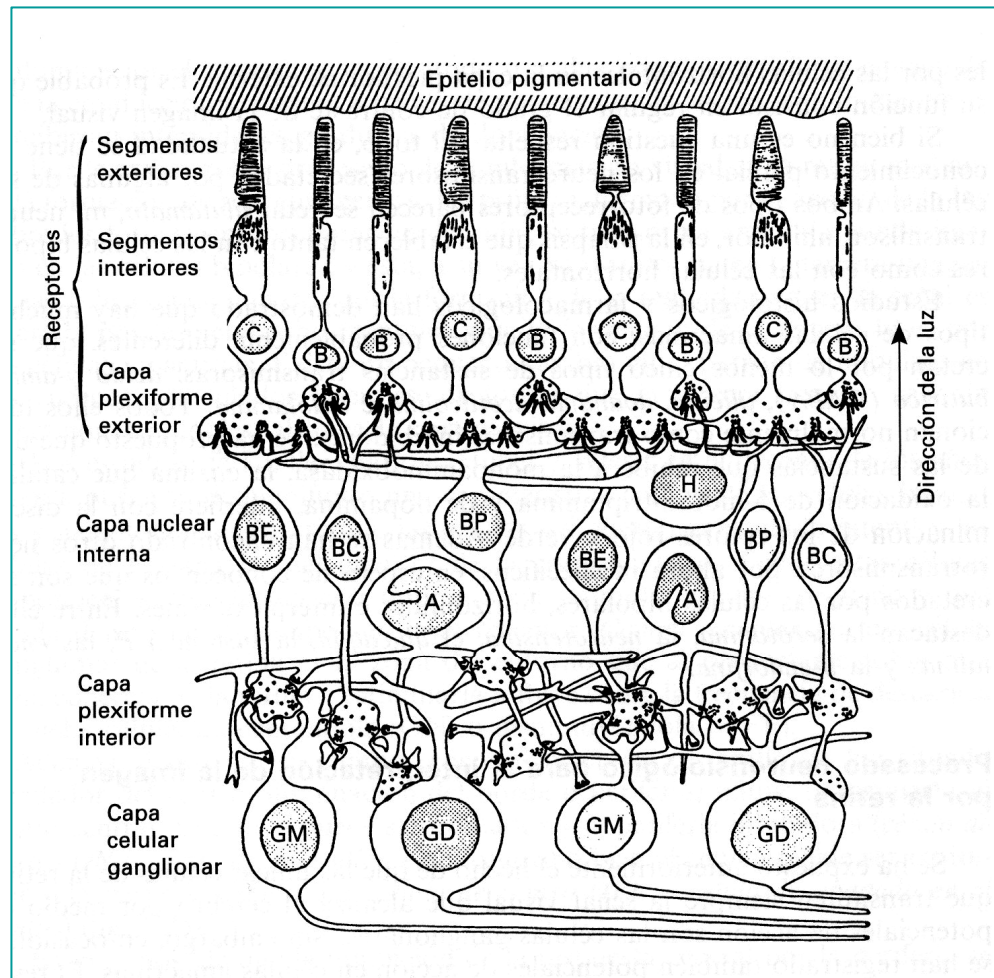
OD

OI



en el polo posterior del ojo se encuentra la retina, donde se sitúan los fotorreceptores. En la retina se recoge la imagen que será procesada por el sistema visual.

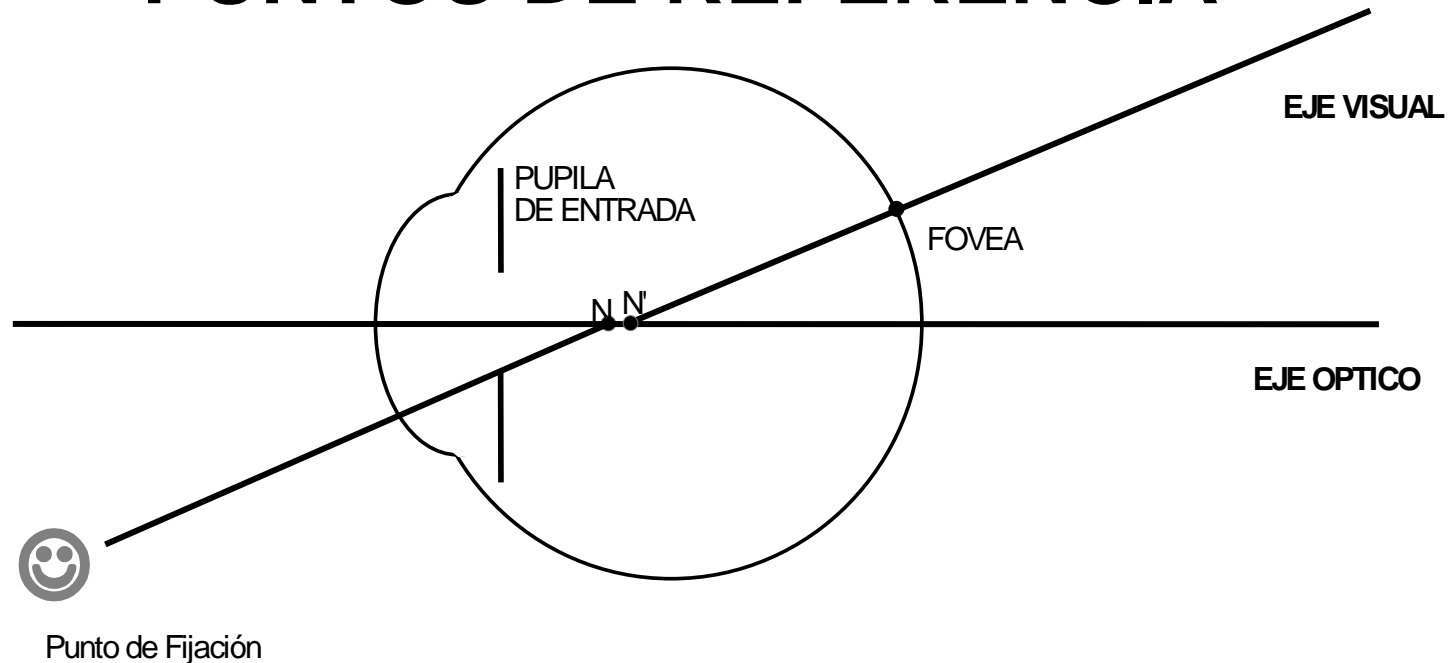
ESTRUCTURA DE LA RETINA



La retina está formada por seis estratos celulares:

- Epitelio pigmentario
- Capa de fotorreceptores (C y B)
- Capa de células bipolares (B₁)
- Capa de células ganglionares (G₁)
- Capa de células horizontales (H)
- Capa de células amacrinas (A)

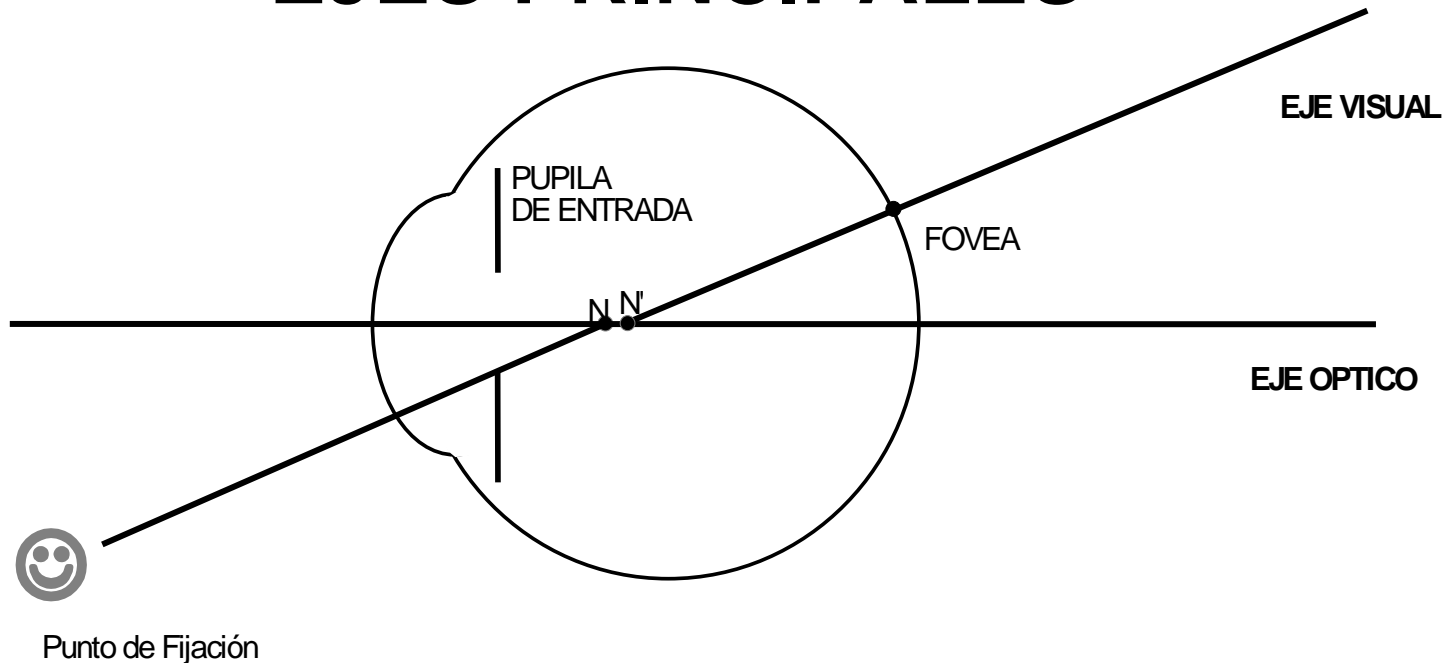
PUNTOS DE REFERENCIA



Punto de fijación: punto objeto conjugado del punto central de la fóvea. El sistema visual ordena todo el espacio visual a partir de éste punto y, por lo tanto, el punto de fijación actúa como “punto central” a partir del cual se ordena todo el espacio visual.

Pupila de entrada: el punto conjugado del iris en el espacio objeto (el diafragma de apertura limita la cantidad de luz que llega a la retina y determina la luminosidad de la imagen .

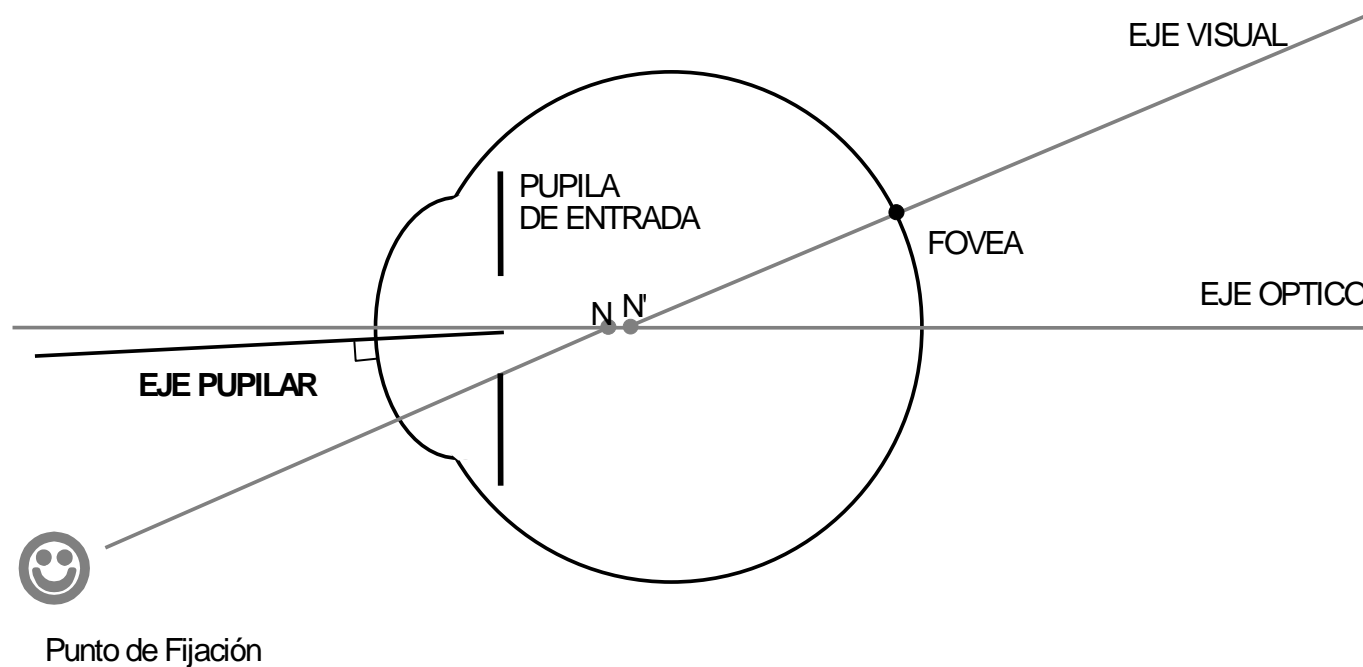
EJES PRINCIPALES



Eje Óptico: es la recta que une los centros de curvatura de las superficies refractivas del ojo (córnea y cristalino). Se trata de un concepto teórico, ya que los diferentes elementos ópticos del ojo no están centrados y resulta difícil definir un único eje. El eje óptico corta a la retina en un punto situado fuera de la fovea

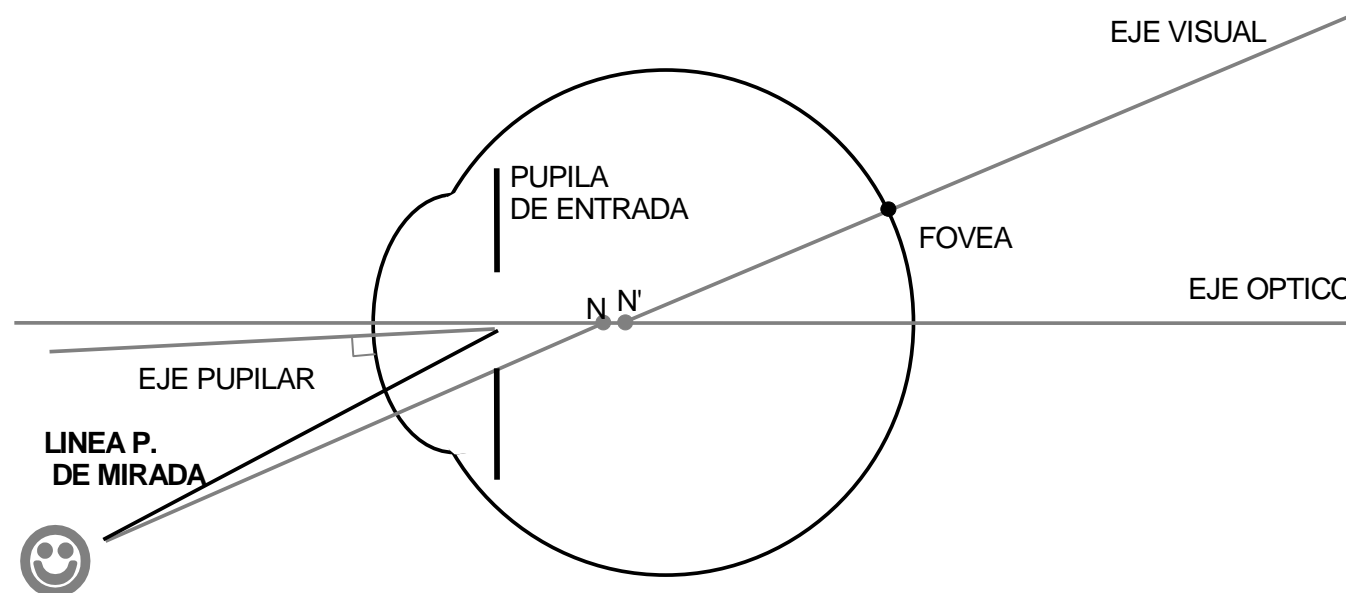
Eje Visual: es la recta que une el punto de fijación con la fovea, pasando por los puntos nodales **N** y **N'** (el eje visual es prácticamente perpendicular a la córnea)

EJE PUPILAR



Eje Pupilar: es la recta perpendicular a la córnea que pasa por el centro de la pupila de entrada.

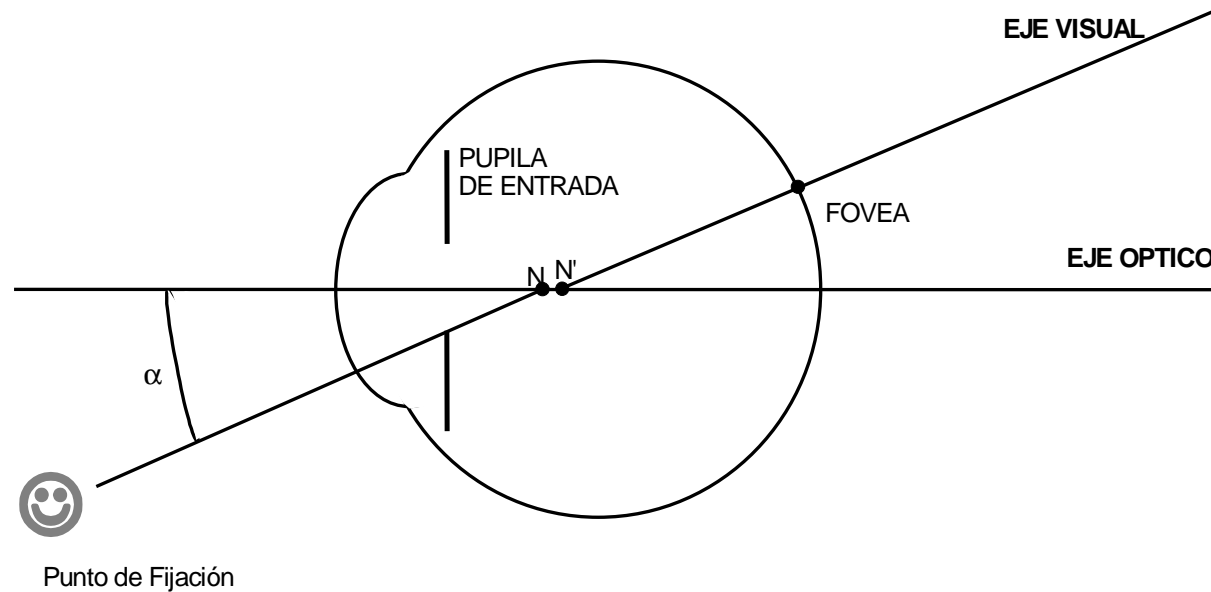
LÍNEA PRINCIPAL DE MIRADA



Punto de Fijación

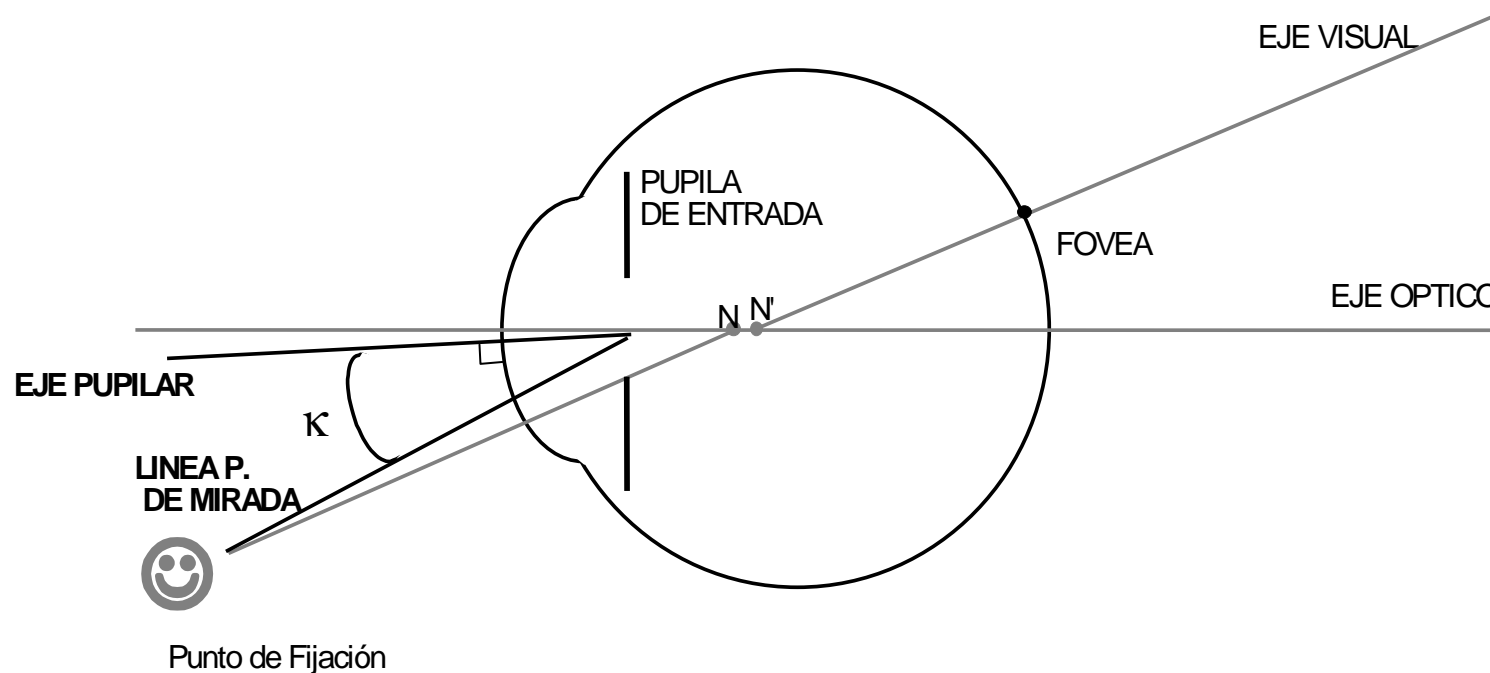
Línea Principal de Mirada: es la recta que une el centro de la pupila de entrada con el punto de fijación(representa el punto hacia el que aparentemente está mirando el ojo).

ANGULO ALFA



Angulo α : es el ángulo que forman el eje visual y el eje óptico. Marca el descentramiento de la fovea respecto al eje óptico.

ÁNGULO KAPPA



Ángulo Kappa: ángulo que forman el eje pupilar y la línea principal de mirada. Generalmente la pupila de entrada está descentrada nasalmente, y el ángulo kappa resulta ser levemente menor que el ángulo alfa.

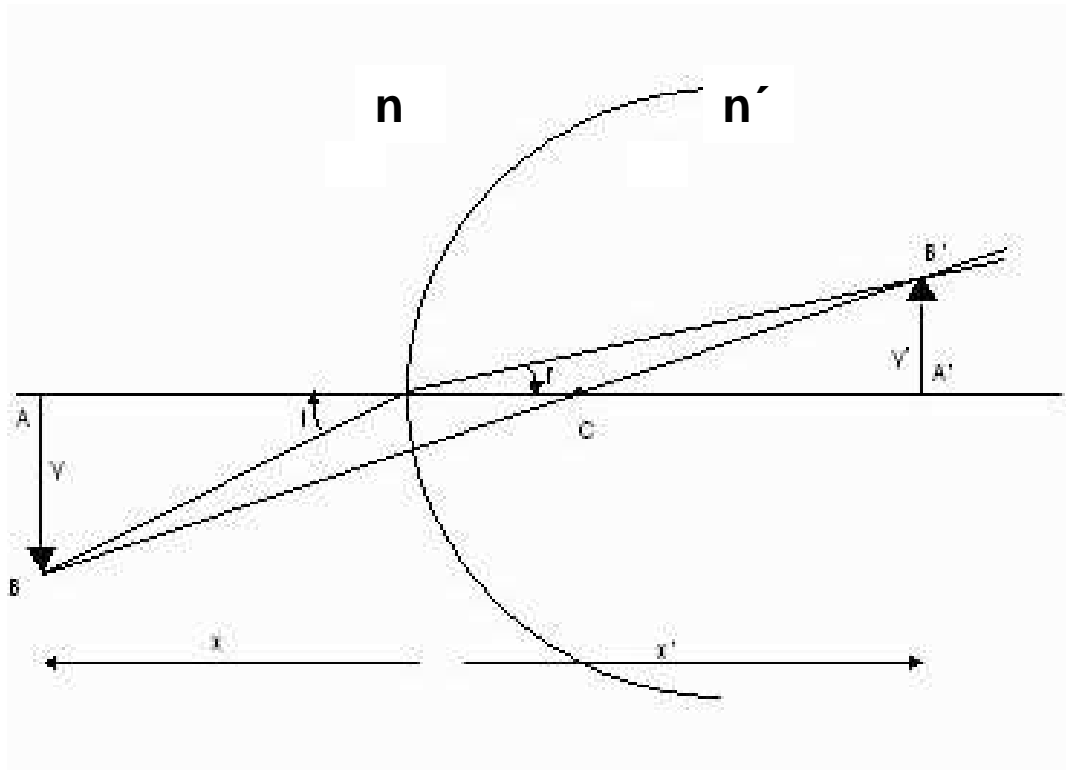
ÓPTICA PARAXIAL: CRITERIO DE SIGNOS

- 1.- La luz se propaga de izquierda a derecha
 - 2.- Las distancias objeto e imagen y los radios de curvatura se miden desde la correspondiente superficie óptica
 - 3.- Las distancias son positivas cuando se miden en el sentido de propagación y negativas si se miden en sentido contrario
-

ÓPTICA PARAXIAL: CRITERIO DE SIGNOS

- 4.- Las distancias verticales son positivas desde el eje hacia arriba y negativas desde el eje hacia abajo
 - 5.- Los ángulos con los ejes son positivos en sentido antihorario y negativos en sentido horario
 - 6.- Los ángulos de incidencia y de reflexión / refracción son positivos en sentido horario y negativos en sentido antihorario (cuando se llevan a coincidir con la normal)
-

ÓPT. PARAXIAL: ECUACIONES BÁSICAS



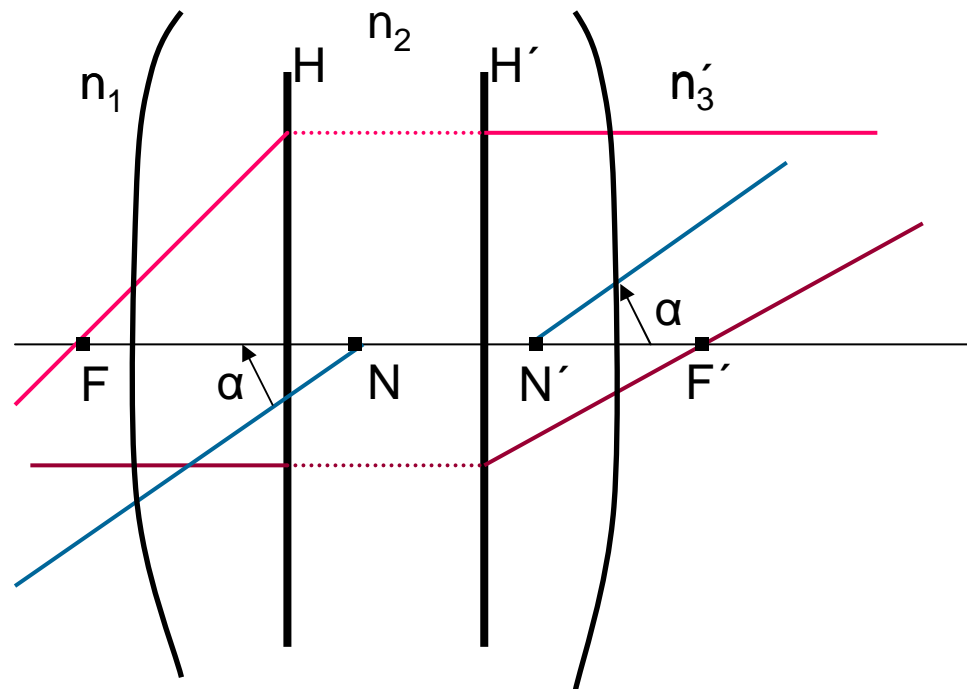
Ecuación de Gauss

$$\frac{n'}{x'} = \frac{n}{x} + \frac{n' - n}{r}$$

Aumento lateral

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{x'}{n'} \frac{n}{x}$$

SISTEMA CENTRADO



- Se define como un grupo de dioptrios colocados sobre un único eje.
- Los centros geométricos se encuentran sobre una recta común
- El sistema se define por los puntos cardinales: puntos Focales (F y F'), puntos principales (H y H') y puntos nodales (N y N').

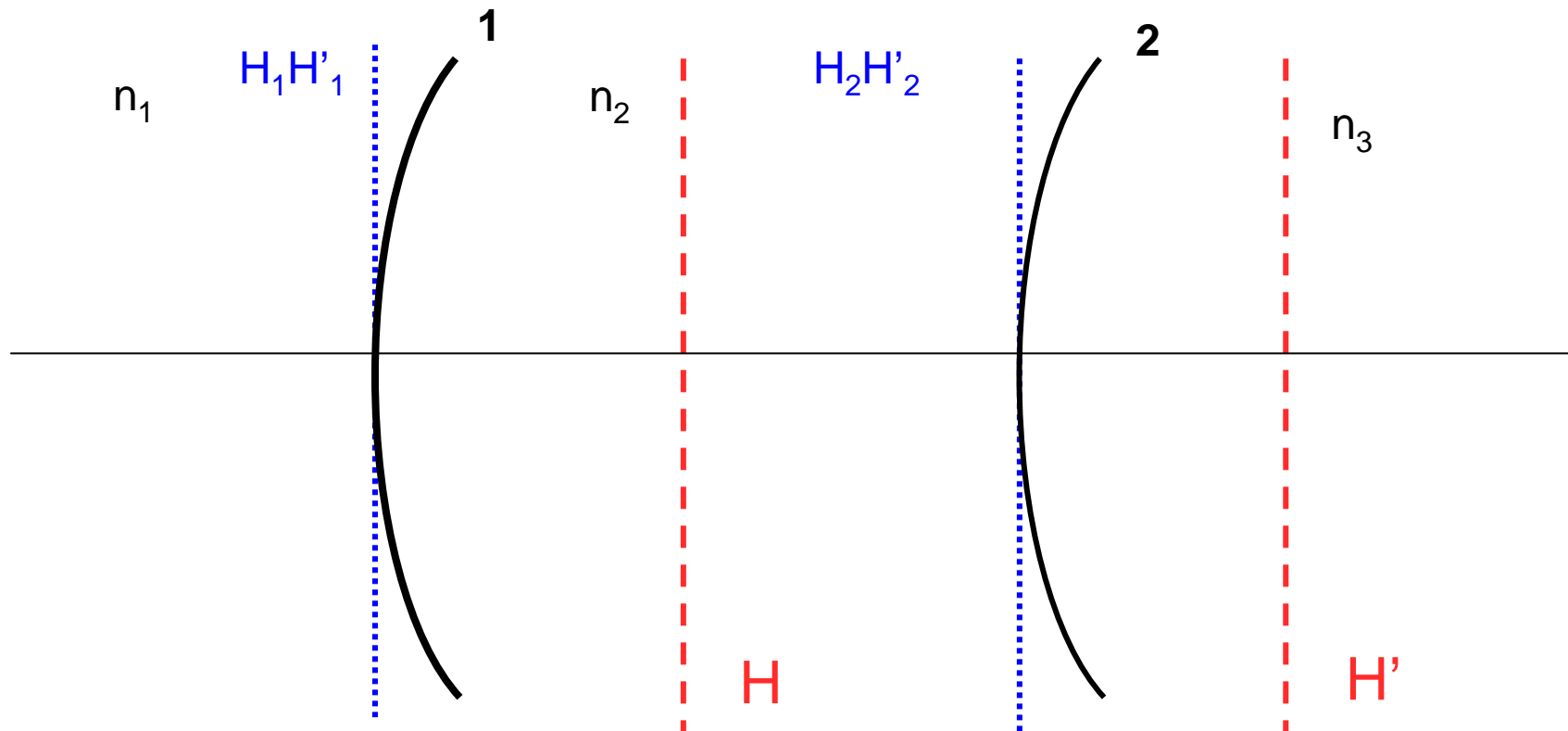
SISTEMA CENTRADO

- Los puntos principales: pareja de puntos conjugados que cumplen la condición de que el aumento lateral es uno ($\beta'=1$)..
- Los puntos nodales cumplen la condición de que el aumento angular es uno ($\gamma'=1$). Por tanto, el rayo que pasa por el punto nodal objeto se refracta saliendo por el punto nodal imagen paralelo al rayo incidente.
- Los puntos focales se definen de la misma manera que para un sistema simple (únicamente cambia el origen, ya no será el vértice del dioptrio, sino los planos principales objeto e imagen).
- Existen unas relaciones de distancias que siempre se cumplen para cualquier sistema centrado:

$$\overline{HH'} = \overline{NN'}$$

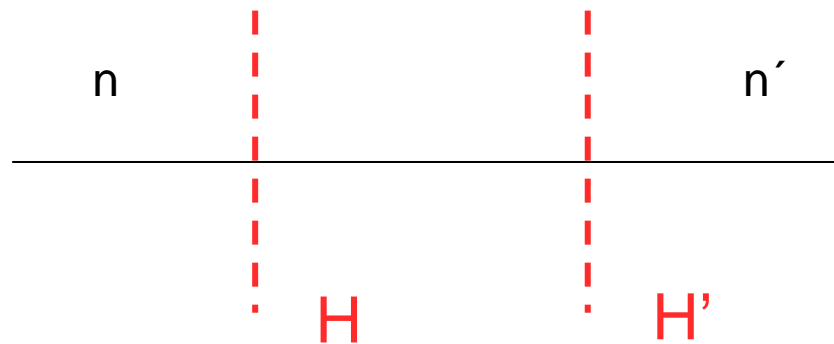
$$\overline{FH} = \overline{N'F'}$$

ASOCIACIÓN DE SISTEMAS CENTRADOS



H y H' representan los planos principales del sistema formado por dos elementos ópticos (1 y 2)

ASOCIACIÓN DE SISTEMAS CENTRADOS



Potencia del sistema

$$P_T = P_1 + P_2 - \delta P_1 P_2$$

$$\delta = \frac{\overline{H'_1 H_2}}{n'_1}$$

Posición de H y H' del sistema

$$\overline{H_1 H} = n \delta \frac{P_2}{P_T}$$

$$\overline{H_2 H'} = -n' \delta \frac{P_1}{P_T}$$

RELACIONES DE CONJUGACIÓN ENTRE PUNTOS

Son ecuaciones para calcular posiciones y tamaños de la imagen a través de un sistema óptico

Ecuación de Newton

En estas ecuaciones, el origen de medida se toma en los focos del sistema.

$$\frac{y'}{y} = \frac{-f}{z} = \frac{z'}{f'} \quad \longrightarrow \quad z \cdot z' = f \cdot f'$$

RELACIONES DE CONJUGACIÓN ENTRE PUNTOS

Ecuación de Gauss

En estas ecuaciones, el origen de medida se toma en los planos principales del sistema

$$\frac{f}{x} + \frac{f'}{x'} = 1$$

$$-\frac{n}{x} + \frac{n'}{x'} = \frac{n'}{f'}$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{n x'}{n' x}$$

RELACIONES DE CONJUGACIÓN ENTRE PUNTOS

Ecuación general:

En estas ecuaciones, el origen de medida se toma en cualquier pareja de puntos (p y p') conjugados del sistema. β' es el aumento correspondiente a esos dos puntos tomados como origen.

$$\frac{f}{\beta' x} + \frac{f' \beta'}{x'} = 1$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{1}{\beta'} \frac{n x'}{n' x}$$

NOTACIÓN EN VERGENCIAS

En Óptica Visual es habitual trabajar con vergencias o proximidades, que se definen así:

- vergencia objeto es el cociente, $X = \frac{n}{x}$

- vergencia imagen es el cociente, $X' = \frac{n'}{x'}$

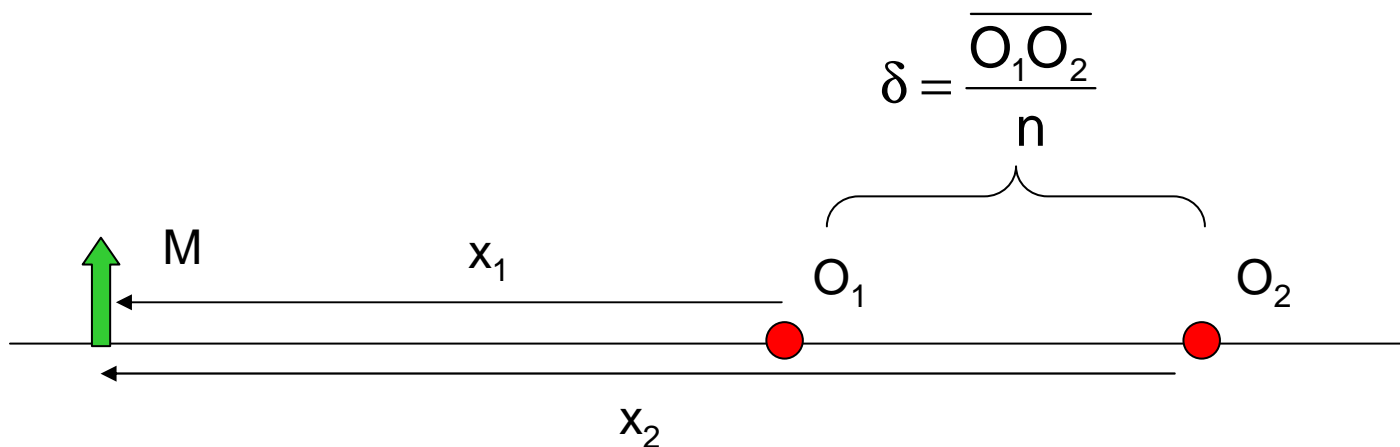
De este modo, la ecuación de Gauss puede escribirse como:

$$X' = X + P$$

FÓRMULAS DE CAMBIO DE ORIGEN

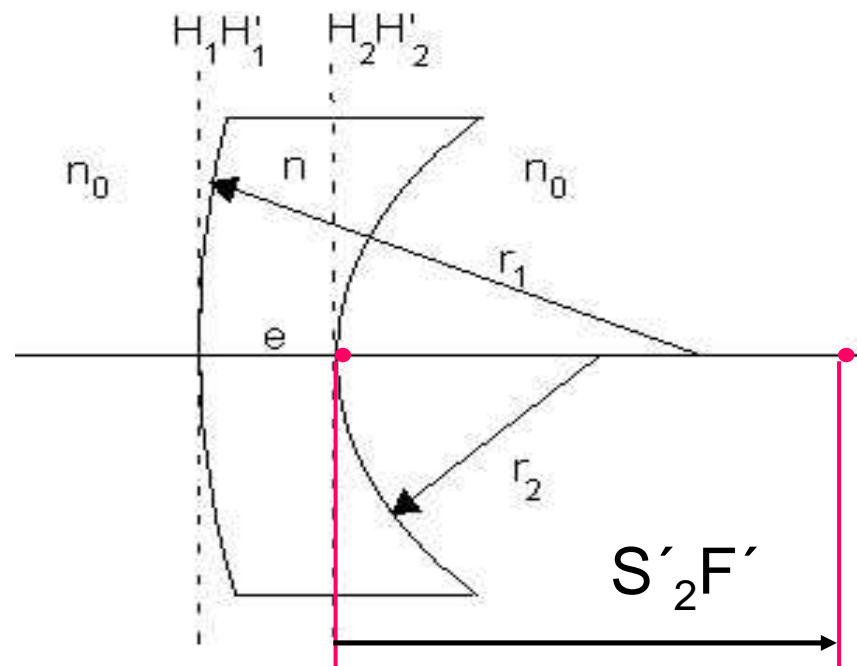
Trabajando con vergencias, el cambio de origen no es simple. Para cambiar el origen de medida del punto o_1 al punto o_2 , tenemos que aplicar la siguiente ecuación

$$X_1 = \frac{X_2}{1 + \delta X_2}$$



NOTACIÓN FRONTAL DE LENTES GRUESAS

La Potencia de una lente, se define desde los planos principales del sistema, no obstante, es más sencillo para muchos cálculos trabajar con la potencia frontal (Potencia frontal posterior imagen, que se mide desde el borde posterior de la lente.)



$$P_{FPI} = P_f' = \frac{1}{S'_2 F'}$$