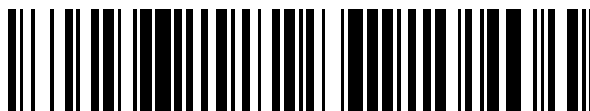


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 444 698**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/02** (2006.01)

**G02C 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2007** **E 07848285 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013** **EP 2087396**

54 Título: **Procedimiento de determinación de una lente oftálmica**

30 Prioridad:

**28.09.2006 FR 0608515**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2014**

73 Titular/es:

**ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE  
GÉNÉRALE D'OPTIQUE) (100.0%)  
147, rue de Paris  
94220 Charenton-le-Pont, FR**

72 Inventor/es:

**DE GAUDEMARIS, DIANE;  
GUILLOUX, CYRIL y  
MURADORE, FABIEN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 444 698 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de determinación de una lente oftálmica

El presente invento tiene por objeto un procedimiento de determinación de una lente oftálmica y una lente oftálmica obtenida por tal procedimiento.

5 Cualquier lente oftálmica, destinada a ser llevada en una montura, está asociada a una prescripción. La prescripción en materia oftálmica puede comprender una prescripción de potencia, positiva o negativa, así como una prescripción de astigmatismo. Estas prescripciones corresponden a correcciones a aportar al portador de las lentes para corregir los defectos de su visión. Una lente es montada en la montura en función de la prescripción y de la posición de los ojos del portador con relación a la montura.

10 En los casos más simples, la prescripción se reduce a una prescripción de potencia, positiva o negativa. La lente es llamada unifocal y presenta una simetría de revolución. Es montada simplemente en la montura de manera que la dirección principal de la mirada del portador coincide con el eje de simetría de la lente.

Para los portadores con presbicia, el valor de la corrección de potencia es diferente en la visión de lejos y en la visión de cerca, por el hecho de las dificultades de acomodación en la visión de cerca. La prescripción está entonces compuesta por un valor de potencia en visión de lejos y por una adición (o progresión de potencia) representativa del incremento de potencia entre la visión de lejos y la visión de cerca; ello equivale a una prescripción de potencia en visión de lejos y a una prescripción de potencia en visión de cerca. Las lentes adaptadas a los portadores con presbicia son lentes multifocales progresivas; estas lentes están descritas por ejemplo en los documentos FR-A-2.699.294, US-A-5.270.745 o US-A-5.272.495, FR-A-2.683.642, FR-A-2.699.294 o aún FR-A-2.704.327. Las lentes oftálmicas multifocales progresivas comprenden una zona de visión de lejos, una zona de visión de cerca, una zona de visión intermedia, atravesando una meridiana principal de progresión estas tres zonas. Son generalmente determinadas por optimización, a partir de un cierto número de restricciones impuestas a las diferentes características de la lente. Estas lentes son generalistas, porque están adaptadas a las diferentes necesidades corrientes del portador. Se definen familias de lentes multifocales progresivas, estando caracterizada cada lente de una familia por una adición, que corresponde a la variación de potencia entre la zona de visión de lejos y la zona de visión de cerca. Más precisamente, la adición, indicada como A, corresponde a la variación de potencia en la meridiana entre un punto VL de la zona de visión de lejos y un punto VP de la zona de visión de cerca, que son llamados respectivamente punto de referencia de la visión de lejos y punto de referencia de la visión de cerca, y que representan los puntos de intersección de la mirada y de la superficie de la lente para una visión al infinito y para una visión de lectura.

20 De manera clásica, una lente puede ser definida por su base (o esfera media en visión de lejos) y por una adición de potencia en el caso de una lente multifocal. A partir de lentes semi-acabadas, de las cuales sólo una de las caras está conformada con un par de adición/base dado, es posible preparar lentes adaptadas a cada portador, por simple mecanización de una cara de prescripción que es generalmente esférica o tórica.

Para cualquier lente oftálmica, las leyes de la óptica de los trazados de rayos entrañan la aparición de defectos ópticos cuando los rayos luminosos se desvían del eje central de cualquier lente. Estos defectos conocidos que comprenden entre otros un defecto de curvatura o de potencia y un defecto de astigmatismo pueden ser llamados de forma genérica defectos de oblicuidad de los rayos. El experto en la técnica sabe compensar estos defectos. Por ejemplo, el documento EP-A-0.990.939 propone un procedimiento de determinación por optimización de una lente oftálmica para un portador que tiene una prescripción de astigmatismo. Los defectos de oblicuidad también han sido identificados para las lentes multifocales progresivas. Por ejemplo, el documento WO-A-98 12590 describe un método de determinación por optimización de un juego de lentes oftálmicas multifocales.

Una lente oftálmica comprende una zona central ópticamente útil que puede extenderse sobre la totalidad de la lente. Se entiende por zona ópticamente útil, una zona en la que los defectos de curvatura y de astigmatismo han sido minimizados para permitir un confort visual satisfactorio para el portador. En una lente progresiva, la zona central ópticamente útil cubrirá la zona de visión de lejos, la zona de visión de cerca y la zona de progresión.

45 Generalmente, la zona ópticamente útil cubre la totalidad de la lente que presenta un diámetro de valor limitado. Sin embargo, en ciertos casos, hay prevista una zona periférica sobre los contornos de la lente oftálmica. Esta zona es llamada periférica pues no responde a las condiciones de corrección óptica prescritas y presenta defectos de oblicuidades importantes. Los defectos ópticos de la zona periférica no perjudican al confort visual del portador pues esta zona se sitúa fuera del campo de visión del portador. Debe entonces preverse una conexión entre la zona central ópticamente útil y la zona periférica.

Existen principalmente dos situaciones en las que una lente oftálmica presentará tal zona periférica. Por una parte, cuando la lente presenta un diámetro importante que puede ser impuesto por la forma de la montura, por ejemplo una montura alargada con un fuerte perfil o contorno, y por otro lado cuando la prescripción de potencia es elevada, presentando entonces la lente un grosor de borde o del centro importante que se busca reducir.

En el caso de una lente oftálmica destinada a ser adaptada en una montura perfilada, por ejemplo de 15°, el vidrio

5 presenta una cara esférica o tórica de fuerte curvatura (o base), entre 6 dioptrías y 10 dioptrías, y una cara calculada específicamente para alcanzar la corrección óptima de la ametropía del portador en el centro óptico y en el campo de visión. Por ejemplo, para una misma cara delantera, que tiene una misma curvatura, la cara trasera es mecanizada para asegurar la corrección en función de la ametropía de cada portador. La fuerte curvatura de la cara delantera entraña un fuerte grosor del vidrio sobre los bordes en el caso de una lente negativa o un fuerte grosor del vidrio en el centro en el caso de una lente positiva. Estos fuertes grosores aumentan el peso de las lentes, lo que perjudica al confort del portador y las hacen antiestéticas. Además, para ciertas monturas, el grosor del borde debe estar limitado para permitir el montaje del vidrio en la montura.

10 Para lentes negativas, los grosores de los bordes pueden ser reducidos por cepillado gracias a una talladora manual. Un adelgazamiento de la lente puede también ser controlado por optimización óptica. Puede calcularse una asferización o una conformación atórica, al menos para una de las caras de la lente, teniendo en cuenta las condiciones de uso de la lente con relación a una lente de débil curvatura de igual prescripción, con el fin de disminuir los grosores del centro y del borde de la lente de fuerte curvatura. Tales soluciones de asferización o de conformación atórica ópticas están descritas por ejemplo en los documentos US-A-6.698.884, US-A-6.454.408, US-A-6.334.681, US-A-6.364.481 o aun WO-A-97 35224.

15 Por otra parte, en el caso de una lente de fuerte prescripción, el vidrio rebordeado presenta un grosor de borde importante, por el lado nasal para un vidrio hipermetrope positivo y por el lado temporal para un vidrio miope negativo. Estos sobre-espores de los bordes complican el montaje de la lente en la montura y aumentan el peso de las lentes oftálmicas.

20 El documento FR-A-2.638.246 propone una lente oftálmica de fuerte potencia positiva y de grosor reducido en el centro. La lente descrita en este documento presenta una zona de conexión entre una zona central ópticamente útil y una zona periférica. Esta zona de conexión está situada sobre la cara delantera de fuerte curvatura y presenta una simetría de revolución; la conexión es obtenida directamente por moldeo de la cara delantera.

25 El documento EP-A-0.371.460 propone una lente oftálmica de fuerte potencia con una cara delantera de simetría de revolución que tiene un radio de curvatura que aumenta sobre la periferia de la lente con el fin de reducir los grosores de los bordes.

El documento US-A-6.176.577 propone una lente oftálmica para hipermetrope que presenta una cara de simetría de revolución que tiene una zona central ópticamente útil y una zona periférica de grosor reducido. La conexión entre la zona central y la zona periférica es obtenida directamente por moldeo.

30 Las soluciones de la técnica anterior proponen reducir el grosor del borde y/o del centro de los vidrios de las lentes oftálmicas de simetría de revolución asferizando o realizando una conformación atórica de una cara de la lente, generalmente la cara de prescripción. Las soluciones propuestas en la técnica anterior no son aplicables a cualquier tipo de vidrio y en particular no pueden ser aplicadas en el caso de lentes oftálmicas multifocales. De hecho, las soluciones propuestas en la técnica anterior presentan una conexión de simetría de revolución entre la zona central ópticamente útil y la zona periférica adelgazada.

35 Además, existe siempre una necesidad de una lente que satisfaga mejor a los portadores con prestaciones ópticas óptimas presentando al mismo tiempo un grosor reducido para mejorar el aspecto estético del vidrio y el confort del portador.

40 A este efecto, el invento propone una lente oftálmica con una primera cara (por ejemplo la cara delantera) con un radio máximo de curvatura y una segunda cara (por ejemplo la cara trasera) compleja que presenta una zona central ópticamente útil que asegura la corrección prescrita al portador, una zona periférica y una zona de conexión entre las zonas central y periférica. El radio máximo de curvatura de la zona periférica está comprendido entre el radio máximo de curvatura de la primera cara y el radio máximo de curvatura de la zona central de la segunda cara; es elegido para optimizar el adelgazamiento de la lente. Una función de interpolación es elegida y aplicada a las zonas central y periférica de esta segunda cara para definir una zona de conexión entre la zona central y la zona periférica. La superficie interpolada es calculada en las condiciones de uso para minimizar una función de mérito en función de la altitud relativa de la zona periférica con relación a la zona central. El invento permite así obtener una lente que presenta un grosor reducido, por la restricción impuesta sobre la zona periférica, y un confort mejorado para el portador por una optimización del posicionamiento espacial relativo de las zonas central y periférica de la superficie interpolada de la segunda cara. La segunda cara puede ser mecanizada de una sola vez por una técnica de mecanización directa.

50 El invento propone en consecuencia un procedimiento de determinación de una lente oftálmica que comprende las etapas de:

- elección de una lente de partida con una primera cara y una segunda cara;
- definición de una superficie de partida para la segunda cara de la lente con una zona central de diámetro  $D_{ini}$  y una zona periférica de diámetro interior  $D_{rac}$  superior al diámetro  $D_{ini}$  de la zona central, presentando cada punto de la zona central y de la zona periférica una altitud definida con relación a un eje normal a la segunda

cara de la lente y que tiene por origen el centro de la zona central, siendo definida la altitud de la zona periférica como la altitud del punto más bajo situado sobre el diámetro interior  $D_{rac}$ ;

teniendo la zona periférica un radio máximo de curvatura comprendido entre el radio máximo de curvatura de la primera cara y el radio máximo de curvatura de la zona central;

- 5
- elección de una fórmula de interpolación;
  - definición de una lente corriente igual a la lente de partida;
  - optimización de la lente corriente aplicando
    - valores objetivos de potencia y de astigmatismo para direcciones de mirada dadas en la zona central de la segunda cara de la lente;
- 10
- la fórmula de interpolación en las zonas central y periférica para definir una superficie interpolada que comprende una zona de conexión, minimizando la superficie interpolada una función de mérito para diferentes altitudes relativas de la zona periférica con relación a la zona central.

Según los modos de realización, el procedimiento de determinación de una lente oftálmica según el invento puede comprender una o varias de las características siguientes:

- 15
- la optimización de la zona central de la lente corriente es realizada en las condiciones del uso;
  - la función de mérito es una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros calculadas sobre un conjunto de puntos entre la superficie interpolada y las superficies iniciales de las zonas central y periférica;
- 20
- el conjunto de puntos para los que se calcula una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros consiste en los ejes verticales y horizontales de la lente;
  - el conjunto de puntos para los que se calcula una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros consiste en los círculos de diámetro  $D_{ini}$  y  $D_{rac}$  que delimitan respectivamente las zonas central y periférica;
  - la función de mérito es una minimización del valor del cilindro máximo en la zona de conexión;
- 25
- la función de mérito es una minimización de la norma del gradiente de esfera o de cilindro en la zona de conexión;
  - las zonas central, de conexión y periférica están centradas sobre un mismo punto de la superficie de la segunda cara de la lente, materializando dicho punto de centrado la dirección primaria o principal de la mirada en las condiciones de uso;
- 30
- la primera cara de la lente es elegida compleja;
  - la primera cara y la zona periférica de la segunda cara de la lente son elegidas esféricas;
  - la primera cara y la zona periférica de la segunda cara de la lente son elegidas tóricas;
  - la zona central de la segunda cara es elegida con una variación de potencia;
  - la zona central y la zona periférica de la segunda cara son elegidas con una variación de potencia;
- 35
- el diámetro de la zona central es elegido superior o igual a 30 mm e inferior al menos en 10 mm al diámetro total de la lente antes del rebordeado;
  - el diámetro interior de la zona periférica es elegido superior o igual al menos en 10 mm al diámetro de la zona central e inferior al diámetro total de la lente antes del rebordeado;

40 Según un modo de realización, la función de mérito de la minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros verticales y horizontales entre la superficie interpolada y las superficies de las zonas central y periférica es definida como:  $FM = a FM_X + b FM_Y$ ;

Con a y b coeficientes de ponderación; y con

$$FM_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Sph_{xi} - Sph'_{xi})^2}{n}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Cyl_{xi} - Cyl'_{xi})^2}{n}}$$

$$FM\_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Sph\_yi - Sph'\_yi)^2}{n}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Cyl\_yi - Cyl'\_yi)^2}{n}}$$

Donde  $Sph\_xi$  y  $Sph\_yi$  son los valores de esferas iniciales en un punto considerado en la zona central o en la zona periférica sobre el eje X y sobre el eje Y;

5 Donde  $Cyl\_xi$  y  $Cyl\_yi$  son los valores de cilindros iniciales en un punto considerado en la zona central o en la zona periférica sobre el eje X y sobre el eje Y; y

Donde  $Sph'\_xi$ ,  $Sph'\_yi$  y  $Cyl'\_xi$ ,  $Cyl'\_yi$  son los valores de esferas y de cilindros en un punto considerado de la superficie interpolada en la zona de conexión sobre el eje X y sobre el eje Y.

Otras ventajas y características del invento aparecerán con la lectura de la descripción siguiente de los modos de realización del invento, dados a título de ejemplo y con referencia a los dibujos que muestran:

- 10 La fig. 1, una vista esquemática de la cara trasera de una lente según el invento;
- La fig. 2, una vista esquemática de la modelización de la zona central y de la zona periférica de la lente según el invento;
- Las figs. 3 y 4, gráficos de potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente de una lente curvada y perfilada unifocal clásica y de una lente curvada y perfilada unifocal según el invento;
- Las figs. 5 y 6, tarjetas de potencia óptica del usuario de las lentes de las figs. 3 y 4 respectivas;
- 15 Las figs. 7 y 8, tarjetas de módulo de astigmatismo resultantes de un usuario de las lentes de las figs. 3 y 4 respectivas;
- Las figs. 9 y 10, vistas esquemáticas en corte de las lentes de las figs. 3 y 4 respectivas;
- Las figs. 11 y 12, gráficos de potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente de una lente multifocal progresiva de prescripción positiva, curvada y perfilada clásica y de una lente multifocal progresiva de prescripción positiva, curvada y perfilada según el invento;
- 20 Las figs. 13 y 14, tarjetas de potencia óptica del usuario de las lentes de las figs. 11 y 12 respectivas;
- Las figs. 15 y 16, tarjetas de módulo de astigmatismo resultante de un usuario de las lentes de las figs. 11 y 12 respectivas;
- Las figs. 17 y 18, vistas esquemáticas en corte de las lentes de las figuras 11 y 12 respectivas;
- 25 Las figs. 19 y 20, gráficos de potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente de una lente multifocal progresiva de prescripción negativa, curvada y perfilada clásica y de una lente multifocal progresiva de prescripción negativa, curvada y perfilada según el invento;
- Las figs. 21 y 22, tarjetas de potencia óptica del usuario de las lentes de las figs. 19 y 20 respectivas;
- Las figs. 23 y 24, tarjetas de módulo de astigmatismo resultante de un usuario de las lentes de las figs. 19 y 20 respectivas;
- 30 Las figs. 25 y 26, de las vistas esquemáticas en corte de las lentes de las figs. 19 y 20 respectivas;
- Las figs. 27 y 28, gráficos de potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente de una lente multifocal progresiva clásica de fuerte prescripción negativa y de una lente multifocal progresiva de fuerte prescripción negativa según el invento;
- Las figs. 29 y 30, tarjetas de potencia óptica del usuario de las lentes de las figs. 27 y 28 respectivas;
- 35 Las figs. 31 y 32, tarjetas de módulo de astigmatismo resultante de un usuario de las lentes de las figs. 27 y 28 respectivas;
- Las figs. 33 y 34, vistas esquemáticas en corte de las lentes de las figs. 27 y 28 respectivas;
- Las figs. 35 y 36, gráficos de potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente de una lente multifocal progresiva clásica de fuerte prescripción positiva y de una lente multifocal progresiva de fuerte prescripción positiva según el invento;
- 40 Las figs. 37 y 38, tarjetas de potencia óptica del usuario de las lentes de las figs. 35 y 36 respectivas;
- Las figs. 39 y 40, tarjetas de módulo de astigmatismo resultante de un usuario de las lentes de las figs. 35 y 36

respectivas;

Las figs. 41 y 42, vistas esquemáticas en corte de las lentes de las figs. 35 y 36 respectivas;

La fig. 43, un esquema de un sistema óptico ojo-lente, en corte vertical;

Las figs. 44 y 45, esquemas en perspectiva de un sistema ojo-lentilla.

- 5 De manera conocida en sí misma, en cualquier punto de una superficie, se define una esfera media  $D$  dada por la fórmula:

$$D = \frac{n-1}{2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

donde  $R_1$  y  $R_2$  son los radios máximo y mínimo de curvatura expresados en metros, y  $n$  el índice del material que constituye la lente.

- 10 Se define también un cilindro  $C$ , dado por la fórmula:

$$C = (n-1) \left| \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right|$$

Las características de la cara compleja de la lente pueden ser expresadas con ayuda de la esfera media y del cilindro. También se puede definir una lente dada por características ópticas, a saber una potencia y un astigmatismo, en las condiciones de uso.

- 15 Se definen para una lente dada, las magnitudes ópticas correspondientes, a saber una potencia y un astigmatismo, en las condiciones de uso. La fig. 43 muestra un esquema de un sistema óptico ojo y lente visto desde arriba, y muestra las definiciones utilizadas en lo que sigue de la descripción. Se llama  $Q'$  al centro de rotación del ojo; el eje  $Q'F'$  representado en la figura por líneas de trazos mixtos es el eje horizontal que pasa por el centro de rotación del ojo y que se extiende por delante del usuario – dicho de otra manera el eje  $Q'F'$  corresponde a la dirección primaria de la mirada.
- 20 Este eje corta, sobre la cara delantera, un punto de la lente llamado Cruz de Montaje, que es materializado sobre las lentes para permitir su posicionamiento por un óptico; esta cruz de montaje  $CM$  permite referenciar o marcar sobre la lente la dirección primaria de la mirada en las condiciones de uso. Sea el punto  $O$ , el punto de intersección de la cara trasera y de este eje  $Q'F'$ . Se define una esfera de los vértices, de centro  $Q'$ , y de radio  $q'$ , que corta la cara trasera de la lente en el punto  $O$ . A título de ejemplo, un valor del radio  $q'$  de 27 mm corresponde a un valor corriente y proporciona resultados satisfactorios durante el uso de las lentes. Se puede dibujar el corte de la lente en el plano  $(O, x, y)$  definido en referencia a la fig. 44. La tangente a esta curva en el punto  $O$  está inclinada con relación al eje  $(O, y)$  en un ángulo llamado ángulo pantoscópico. Se puede dibujar igualmente el corte de la lente en el plano  $(O, x, z)$ . La tangente a esta curva en el punto  $O$  está inclinada con relación al eje  $(O, z)$  en un ángulo llamado perfil.

- 30 Una dirección dada de la mirada – representada por líneas continuas en la fig. 43 – corresponde a una posición del ojo en rotación alrededor de  $Q'$  y en un punto  $J$  de la esfera de los vértices; una dirección de la mirada puede también ser marcada, en coordenadas esféricas, por dos ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ . El ángulo  $\alpha$  es el ángulo formado entre el eje  $Q'F'$  y la proyección de la recta  $Q'J$  sobre el plano vertical que contiene el eje  $Q'F'$ ; este ángulo aparece en el esquema de la fig. 43. El ángulo  $\beta$  es el ángulo formado entre el eje  $Q'F'$  y la proyección de la recta  $Q'J$  sobre el plano horizontal que contiene el eje  $Q'F'$ . Una dirección dada de la mirada corresponde por tanto a un punto  $J$  de la esfera de los vértices o a un par  $(\alpha, \beta)$ .

En una dirección dada de la mirada, la imagen de un punto  $M$  del espacio objeto situado a una distancia objeto dada, se forma entre dos puntos  $S$  y  $T$  que corresponden a distancias  $JS$  y  $JT$  mínima y máxima (que serían distancias focales sagitales y tangenciales en el caso de superficies de revolución, y de un punto  $M$  en el infinito).

- 40 Con la ayuda de estos elementos, se puede definir una potencia y un astigmatismo, en cada dirección de la mirada. Para una dirección de la mirada  $(\alpha, \beta)$ , se considera un punto  $M$  objeto a una distancia objeto dada por el ergorama. Se determinan los puntos  $S$  y  $T$  entre los cuales se forma la imagen del objeto. La proximidad de imagen  $PI$  viene entonces dada por

$$PI = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right)$$

- 45 mientras que la proximidad de objeto  $PO$  es la inversa de la distancia entre el punto  $M$  y el punto  $J$  de la esfera de los vértices. La potencia es definida como la suma de las proximidades de objeto y de imagen, es decir

$$P = PO + PI = \frac{1}{MJ} + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right)$$

La amplitud del astigmatismo viene dada por

$$A = \left| \frac{1}{JT} - \frac{1}{JS} \right|$$

La potencia y el astigmatismo pueden ser medidos experimentalmente sobre la lente utilizando un frontofocómetro; también pueden ser calculados por trazado de rayos en las condiciones de uso.

5 El invento propone una lente oftálmica que presenta grosores de centro y de borde disminuidos con respecto a una lente clásica de igual prescripción que tiene una curvatura idéntica. El adelgazamiento de la lente según el invento es calculado en las condiciones de uso por un procedimiento de optimización de una zona de conexión entre una zona central ópticamente útil de la lente y una zona periférica. La lente así obtenida es más ligera y más estética conservando  
10 la misma prescripción.

La lente del invento presenta una primera cara que puede ser esférica, tórica o compleja. La otra cara de la lente según el invento es compleja; es calculada para adaptar la lente a la ametropía del usuario y para optimizar la lente en las condiciones de uso imponiendo un adelgazamiento de los grosores de centro y de borde del vidrio de la lente. En el caso de una lente multifocal progresiva, se preferirá realizar una sola superficie compleja sobre una de las caras de la lente  
15 para realizar la variación de potencia y la zona de conexión por mecanización directa de una sola cara. Es, sin embargo, posible realizar una superficie compleja sobre cada una de las caras de la lente.

En la descripción de las figs. 1 y 2, se considerará una cara delantera, opuesta al usuario de las gafas, esférica o tórica que presenta un radio máximo de curvatura, y una cara trasera compleja que presenta tres zonas que van a ser descritas en detalle más abajo. Se comprende que la misión de las caras delantera y trasera puede invertirse o que la superficie compleja puede repartirse sobre las dos caras de la lente.  
20

La fig. 1 muestra un esquema de una lente 10 según el invento. La cara trasera está compuesta de tres zonas; una zona central 15 ópticamente útil que asegura la corrección necesaria al usuario en su campo de visión; una zona periférica 17 que tiene un radio de curvatura diferente de la zona central para asegurar el adelgazamiento del borde de la lente; y una zona de conexión 16 que une las zonas central y periférica. La zona central 15 puede incluir una corrección de potencia y/o de astigmatismo y/o puede ser decreciente. La superficie de esta cara trasera compleja es continua desde un punto de vista matemático y se mecaniza de una sola vez por mecanización directa. La zona de conexión 16 permite esta continuidad matemática y asegura que las características ópticas de la zona central 15 no son modificadas por las tensiones mecánicas impuestas a la zona periférica.  
25

Las tres zonas 15, 16 y 17 de la cara trasera están centradas sobre el mismo punto, de preferencia sobre la cruz de montaje que corresponde a la dirección principal de la mirada del portador en las condiciones de uso. Las tres zonas 15, 16 y 17 de la cara trasera de la lente son de forma idéntica, siendo elegida esta forma (circular, elíptica, u otra) en función de la montura y/o de la prescripción. Las dimensiones de cada zona son variables y dependen de la montura y de la prescripción. La zona central 15 debe tener una dimensión suficientemente grande para asegurar un gran campo óptico al usuario y la zona de conexión 16 debe tener una anchura suficientemente grande para limitar la visibilidad de la transición y suficientemente pequeña para que la zona periférica 17 sea lo bastante grande para permitir un adelgazamiento suficiente del grosor de la lente. En este contexto, se considera el diámetro  $D_{ini}$  de la zona central 15 inicial antes de la conexión y el diámetro exterior  $D_{fin}$  de la zona periférica 17 que corresponde al diámetro total de la lente antes del rebordeado. La zona de conexión 16 se extiende entonces entre un diámetro interior igual al diámetro de la zona central  $D_{ini}$  y un diámetro exterior indicado  $D_{rac}$  que corresponde al diámetro interior de la zona periférica 17.  
30

Se puede considerar que la zona central 15 será suficientemente grande para asegurar un gran campo de corrección óptica al usuario si el diámetro de la zona central de la lente  $D_{ini}$  antes del rebordeado es superior a 30 mm e inferior a  $D_{fin}$  en al menos 10 mm ( $30 \leq D_{ini} \leq D_{fin} - 10$ ). Igualmente, se puede considerar que la extensión de la zona de conexión es óptima cuando es superior al diámetro de la zona central en al menos 10 mm. Además, el diámetro exterior de la zona de conexión debe permanecer inferior a  $D_{fin}$  para garantizar la presencia de una zona periférica ( $D_{ini} + 10 \leq D_{rac} \leq D_{fin}$ ).  
35

Las superficies que constituyen las zonas central 15 y periférica 17 son conocidas pues vienen impuestas por las tensiones de la colocación en la montura y/o de prescripción. Estas superficies de las zonas central 15 y periférica 17 son entonces muestreadas como se ha ilustrado en la fig. 2. Se conocen en efecto sus coordenadas en una referencia (X, Y, Z) unida a la cara trasera de la lente. Por convenio, el eje X se extiende horizontalmente y el eje Y se extiende verticalmente cuando se considera la lente en las condiciones de uso. El eje Z es normal para la cara trasera de la lente.  
40 En las zonas central 15 y periférica 17, se conoce la altitud Z en cada punto (X, Y) de la superficie. Por convenio, se puede fijar el origen del eje Z al centro de la zona central 15. En este contexto se puede definir la altitud de la zona periférica como el valor en Z del punto más bajo de esta zona, o sea el mínimo en Z de los puntos situados sobre el círculo de diámetro  $D_{rac}$  que delimita la zona periférica 17 hacia el interior de la lente.  
45

Una fórmula de interpolación calcula entonces las altitudes Z de los puntos situados en la zona de conexión 16 para definir una superficie interpolada que minimiza una función de mérito evaluada para diferentes altitudes relativas de la  
50

5 zona periférica con relación a la zona central. La zona periférica es por tanto desplazada en Z hasta obtener la superficie interpolada que proporciona la menor función de mérito. El desplazamiento en Z de la zona periférica no modifica las características de curvaturas iniciales de la zona central de la superficie interpolada. La superficie interpolada de la cara trasera puede ser calculada, por ejemplo, por un método de interpolación global por splines o segmentaria, como es implementada en una función Matlab (de acuerdo con: de Boor, C., Una Guía Práctica a Splines, Springer-Verlag, 1978) o por un método de interpolación local por polinomios.

10 La zona periférica 17 puede ser una superficie esférica o tórica, según la geometría de la cara delantera, o una superficie compleja. En el caso de una superficie periférica esférica, el radio de curvatura de la zona periférica puede ser igual a la base de la cara delantera; el vidrio es entonces plano en la zona periférica. En el caso de una superficie periférica tórica, el meridiano de mayor curvatura puede ser elegido igual a la base de la cara delantera; el valor de la curvatura del segundo meridiano así como el eje son elegidos en función de la prescripción del vidrio. La zona periférica 17 puede ser también una superficie compleja que presenta una variación de potencia. En particular, en el caso de una zona central que presenta una variación de potencia, la zona periférica puede ser de igual naturaleza, es decir progresiva o decreciente, con un radio máximo de curvatura comprendido entre el radio máximo de curvatura de la cara delantera y el radio máximo de curvatura de la zona central.

20 La cara trasera no es a continuación calculada más que cuando se conocen los parámetros del usuario (prescripción) y de la montura (perfil, dimensión). La zona central 15 es asferizada o conformada en atórica gracias a una optimización óptica. Esta asferización/conformación atórica puede tener en cuenta las condiciones de puerto como el ángulo de perfil y el ángulo pantoscópico de la montura. Además el cálculo tiene en cuenta una prescripción prismática que permite corregir los efectos del perfil y/o del ángulo pantoscópico. La zona central es optimizada para que la lente, en las condiciones de uso, presente las mismas desviaciones prismáticas en la cruz de montaje que para una lente de igual prescripción montada en una montura de perfil nulo.

25 La zona de conexión 16 es calculada por la fórmula de interpolación elegida para minimizar una función de mérito en función del posicionamiento relativo en Z de la zona periférica con la zona central. La función de mérito elegida puede ser una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros calculadas sobre un conjunto de puntos, por ejemplo sobre los ejes horizontales y verticales de la lente o sobre los círculos del diámetro  $D_{ini}$  y  $D_{rac}$ , entre la superficie interpolada y las superficies iniciales de las zonas central y periférica. La función de mérito elegida puede igualmente ser una minimización del valor del cilindro en la zona de conexión 16 o una minimización de las pendientes (norma del gradiente) de esfera o de cilindro en la zona de conexión 16.

30 En los ejemplos siguientes, la fórmula de interpolación utilizada es un método de interpolación global por splines o segmentaria lineal y la función de mérito elegida es la suma de desviaciones cuadráticas medias de las esferas y de los cilindros en las dos direcciones del plano de la lente (X, Y), o sea una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros verticales y horizontales entre la superficie interpolada y las superficies iniciales de las zonas central y periférica.

35 Para los ejemplos descritos a continuación e ilustrados en las figuras adjuntas, la función de mérito utilizada en el programa de interpolación de la superficie compleja que comprende la zona de conexión 16 puede expresarse de la siguiente manera:

$$FM = a FM\_X + b FM\_Y;$$

Con a y b de los coeficientes de ponderación; y

$$40 \quad FM\_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Sph\_xi - Sph'\_xi)^2}{n}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Cyl\_xi - Cyl'\_xi)^2}{n}}$$

$$FM\_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Sph\_yi - Sph'\_yi)^2}{n}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Cyl\_yi - Cyl'\_yi)^2}{n}}$$

Dónde  $Sph\_xi$  y  $Sph\_yi$  son los valores de esferas iniciales en un punto considerado en la zona central o en la zona periférica sobre el eje X y sobre el eje Y

45 Dónde  $Cyl\_xi$  y  $Cyl\_yi$  son los valores de cilindros iniciales en un punto considerado en la zona central o en la zona periférica sobre el eje X y sobre el eje Y

Dónde  $Sph'\_xi$ ,  $Sph'\_yi$  y  $Cyl'\_xi$ ,  $Cyl'\_yi$  son los valores de esferas y de cilindros en un punto considerado de la superficie interpolada en la zona de conexión sobre el eje X y sobre el eje Y.

En los ejemplos de las figuras adjuntas, el diámetro inicial  $D_{ini}$  utilizado vale 44 mm, el diámetro de conexión  $D_{rac}$  vale 64 mm y el diámetro final  $D_{fin}$  vale 80 mm.

5 La lente se describe a continuación en referencia a varios modos de realización. Según un primer modo de realización, la lente presenta una curvatura importante para ser montada en una montura de forma alargada perfilada. Tal lente puede ser unifocal (figs. 3 a 10) o multifocal progresiva (figs. 11 a 26). Según otro modo de realización, la lente presenta una fuerte prescripción negativa (figs. 27 a 34) o positiva (figs. 35 a 42). En cada ejemplo ilustrado, el grosor de la lente ha sido reducido según el procedimiento de optimización del invento.

10 Según un primer ejemplo de realización, las figs. 3 a 10 muestran una lente unifocal de prescripción – 4 dioptrías con una cara delantera esférica de base 8. La lente no presenta ningún prisma. El plano del vidrio está inclinado con relación a la vertical en  $8^\circ$  y presenta un perfil de  $15^\circ$  para un diámetro de 78 mm. El vidrio presenta un índice de 1,665. Se ha considerado un valor de  $q'$  de 27 mm (tal como se ha definido en referencia a la fig. 43) para las mediciones sobre la lente de las figs. 3 a 8.

15 Las figs. 3, 5, 7 y 9 se refieren a una lente clásica que tiene las características indicadas anteriormente con una cara trasera esférica. Las figs. 4, 6, 8 y 10 se refieren a una lente según el invento que tiene las características indicadas anteriormente con una cara trasera asferizada y conectada.

20 La lente presenta una línea sustancialmente umbilical, llamada meridiana, sensiblemente confundida con el eje vertical de la lente. Las figuras muestran la meridiana así como la cruz de montaje CM de la lente que puede ser marcada geoméricamente sobre la lente por una cruz o cualquier otra marca tal como un punto rodeado de un círculo trazado sobre la lente, o por cualquier otro medio apropiado; se trata de un punto de centrado materializado sobre la lente que es utilizado por el óptico para el montaje de la lente en la montura. En coordenadas esféricas, la cruz de montaje CM presenta las coordenadas (0, 0) ya que corresponde al punto de intersección de la cara delantera de la lente con la dirección principal de la mirada, como se ha definido con anterioridad.

25 Las figs. 3 y 4 muestran la potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente para la lente curvada y perfilada unifocal clásica y para la lente curvada y perfilada unifocal según el invento; se ha llevado en ordenadas el ángulo  $\beta$  y en abscisas la potencia en dioptrías. Se han indicado en líneas discontinuas las potencias ópticas mínima y máxima que corresponden respectivamente a las cantidades  $1/JT$  y  $1/JS$  definidas con anterioridad, y en línea continua la potencia óptica  $P$  tal como se ha definido con anterioridad.

Se resalta en la fig. 4, que la zona de conexión introduce saltos de potencia en la parte superior e inferior de la meridiana. Estos saltos de potencia están sin embargo situados más allá del campo de visión del usuario.

30 En las figs. 5 a 8, se ha representado la lente en una referencia en coordenadas esféricas, siendo llevado el ángulo beta en abscisas y el ángulo alfa en ordenadas.

35 Las figs. 5 y 6 muestran las líneas de nivel de la potencia óptica del usuario definida en una dirección de la mirada y para un punto objeto respectivamente para la lente curvada y perfilada unifocal clásica y para la lente curvada y perfilada unifocal según el invento. Como es habitual, se ha llevado sobre las figs. 5 y 6, en una referencia en coordenadas esféricas, las líneas de iso-potencia o de potencia constante; estas líneas están formadas por puntos que presentan un mismo valor que la potencia óptica  $P$ . Se constata en la fig. 6 que la zona ópticamente útil que responde a la prescripción de potencia de -4 dioptrías es sensiblemente idéntica a la zona de la fig. 5.

40 Las figs. 7 y 8 muestran las líneas de nivel de amplitud del astigmatismo oblicuo en uso; es decir el módulo del astigmatismo resultante, respectivamente para la lente curvada y perfilada unifocal clásica y para la lente curvada y perfilada unifocal según el invento. Como es habitual, se han llevado sobre las figs. 7 y 8, en una referencia en coordenadas esféricas, las líneas de iso-astigmatismo; estas líneas están formadas por puntos que presentan un mismo valor de la amplitud de astigmatismo tal como se ha definido con anterioridad. Se constata en la fig. 8 que la lente del invento presenta una zona central sin defecto de astigmatismo sensiblemente del mismo tamaño que la zona de la fig. 7.

45 Se constata también que los defectos de potencia y de astigmatismo se acentúan sobre el usuario de la lente según el invento (figs. 6 y 8), es decir en la zona periférica, con relación a la lente clásica (figs. 5 y 7). La transición entre la zona central y la zona periférica de la lente según el invento es sin embargo continua y regular y no deteriora las cualidades ópticas de la zona central.

50 Las figs. 9 y 10 muestran vistas esquemáticas en corte de las lentes respectivamente para la lente curvada y perfilada unifocal clásica y para la lente curvada y perfilada unifocal según el invento. La lente clásica (fig. 9) presenta un grosor central de 1,4 mm y un grosor de borde comprendido entre 8 mm y 9,2 mm. Por el contrario, la lente según el invento (fig. 10) presenta un grosor central de 1,4 mm para un grosor de borde comprendido entre 5 mm y 5,8 mm. Una lente adelgazada es mucho más ligera de usar y más fácil de integrar en una montura.

55 El invento permite por lo tanto reducir considerablemente el grosor de una lente que presenta una curvatura importante, por ejemplo superior a 6 dioptrías, para su inserción en una montura perfilada por ejemplo, sin deteriorar las características ópticas de la lente para una misma prescripción.

- Según un segundo ejemplo de realización, las figs. 11 a 18 muestran una lente multifocal progresiva de prescripción +4 dioptrías en visión de lejos y de adición 2,5 dioptrías con una cara delantera esférica de base 8. La lente presenta un prisma de 1,44° de base geométrica orientado a 270° en la referencia TABO. El plano del vidrio está inclinado con respecto a la vertical en 8° y presenta un perfil de 15° para un diámetro de 78 mm. El vidrio presenta un índice de 1,665.
- 5 Se ha considerado un valor de  $q'$  de 27 mm (tal como se ha definido en referencia a la fig. 43) para las medidas sobre la lente de las figs. 11 a 16.
- Las figs. 11, 13, 15 y 17 se refieren a una lente clásica que tiene las características indicadas anteriormente con una cara trasera decreciente asferizada. Las figs. 12, 14, 16 y 18 se refieren a una lente según el invento que tiene las características indicadas anteriormente con una cara trasera decreciente asferizada y conectada.
- 10 Las figuras muestran que la meridiana se confunde sensiblemente con el eje vertical en la parte superior de la lente y presenta una inclinación por el lado nasal en la parte inferior de la lente, siendo la convergencia más marcada en la visión de cerca. Las figuras muestran también las referencias sobre la lente, en particular la cruz de montaje CM, el punto de referencia en visión de lejos VL - situado sobre la meridiana y que corresponde a una elevación de la mirada de 8° por encima de la cruz de montaje - y el punto de referencia en visión de cerca VP - situado sobre la meridiana y
- 15 corresponde a un descenso de la mirada de 35° por debajo de la cruz de montaje.
- Las figs. 11 y 12 muestran la potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente para la lente curvada y perfilada multifocal clásica y para la lente curvada y perfilada multifocal según el invento; se ha llevado en ordenadas el ángulo  $\beta$  y en abscisas la potencia en dioptrías. La zona de visión intermedia comienza generalmente, para una lente multifocal progresiva, al nivel de la cruz de montaje CM.
- 20 Se puede observar en las figuras una potencia óptica del usuario sensiblemente constante alrededor del punto de referencia en visión de lejos VL, una potencia óptica del usuario sensiblemente constante alrededor del punto de referencia en visión de cerca VP y una progresión regular de la potencia a lo largo de la meridiana. Los valores son desplazados a cero en el origen, dónde la potencia óptica vale en realidad 4 dioptrías que corresponden a la prescripción del usuario en visión de lejos. Se resalta también en la fig. 12, que la zona de conexión introduce saltos de potencia en la
- 25 parte superior e inferior de la meridiana, bien más allá de los puntos de referencia VP y VL, por lo tanto bien fuera del campo de visión del usuario.
- En las figs. 13 a 16, se ha representado la lente en una referencia en coordenadas esféricas, siendo llevado el ángulo beta en abscisas y el ángulo alfa en ordenadas.
- Las figs. 13 y 14 muestran las líneas de nivel de la potencia óptica del usuario definidas en una dirección de la mirada y para un punto objeto respectivamente para la lente curvada y perfilada multifocal clásica y para la lente curvada y perfilada multifocal según el invento. Comparando las figs. 13 y 14, se observa que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de potencia que la lente clásica para una misma prescripción.
- 30 Las figs. 15 y 16 muestran las líneas de nivel de la amplitud del astigmatismo oblicuo en uso; es decir el módulo del astigmatismo resultante, respectivamente para la lente curvada y perfilada multifocal clásica y para la lente curvada y perfilada multifocal según el invento. Se constata que la zona de visión de lejos está relativamente despejada para liberar el campo de visión de lejos y las líneas de iso-astigmatismo se amplían, en la parte inferior de la lente, a la altura del punto de referencia para la visión de cerca VP para delimitar un corredor de visión de cerca VP. Comparando las figs. 15 y 16, se resalta que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de astigmatismo que
- 35 la lente clásica para una misma prescripción, siendo sin embargo el corredor en visión de cerca más amplio alrededor del punto de referencia VP sobre la lente del invento con relación a la lente clásica.
- Se ha constatado también, como para las figs. 5 a 8, que se acentúan los defectos de potencia y de astigmatismo sobre el contorno de la lente según el invento (figs. 14 y 16), es decir en la zona periférica, con relación a la lente clásica (figs. 13 y 15). La transición entre la zona central y la zona periférica de la lente según el invento es sin embargo continua y regular y no deteriora las propiedades ópticas de la zona central.
- 45 Las figs. 17 y 18 muestran vistas esquemáticas en corte de las lentes respectivamente para la lente curvada y perfilada multifocal clásica y para la lente curvada y perfilada multifocal según el invento. La lente clásica (fig. 17) presenta un grosor central de 6,41 mm y un grosor de borde comprendido entre 0,5 mm y 2,1 mm. Por el contrario, la lente según el invento (fig. 18) presenta un grosor central de 4,4 mm para un grosor de borde comprendido entre 0,5 mm y 1,2 mm. Una lente así adelgazada es mucho más ligera para su uso y más fácil de integrar en una montura.
- 50 El invento permite por lo tanto reducir considerablemente el grosor de una lente multifocal de prescripción positiva y que presenta una curvatura importante, por ejemplo superior a 6 dioptrías, para inserción en una montura perfilada por ejemplo, sin deteriorar las características ópticas de la lente para una misma prescripción.
- Según un tercer ejemplo de realización, las figs. 19 a 26 muestran una lente multifocal progresiva de prescripción -4 dioptrías en visión de lejos y de adición 2,5 dioptrías con una cara delantera esférica de base 8. La lente presenta un prisma de 1,19° de base geométrica orientada a 282,4° en la referencia TABO. El plano del vidrio está inclinado con respecto a la vertical en 8° y presenta un perfil de 15° para un diámetro de 70 mm. El vidrio presenta un índice de 1,665.
- 55

Se ha considerado un valor de  $q'$  de 27 mm (tal como el que se ha definido en referencia a la fig. 43) para las medidas sobre la lente de las figs. 19 a 26.

5 Las figs. 19, 21, 23 y 25 se refieren a una lente clásica que tiene las características indicadas aquí arriba con una cara trasera decreciente asferizada. Las figs. 20, 22, 24 y 26 se refieren a una lente según el invento que tiene las características indicadas anteriormente con una cara trasera asferizada y conectada y que presenta una zona central y una zona periférica decrecientes.

Como en las figs. 11 a 16, la cruz de montaje CM, el punto de referencia en visión de lejos VL y el punto de referencia en visión de cerca VP han sido recogidos en las figs. 19 a 24.

10 Las figs. 19 y 20 muestran la potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente para la lente multifocal clásica y para la lente multifocal según el invento; se ha llevado en ordenadas el ángulo  $\beta$  y en abscisas la potencia en dioptrías. Los valores son desplazados a cero en el origen, dónde la potencia óptica vale en realidad -4 dioptrías que corresponden a la prescripción del usuario en visión de lejos. Se resalta también en la fig. 20, que la zona de conexión introduce saltos de potencia en la parte superior e inferior de la meridiana, bien más allá de los puntos de referencia VP y VL, por lo tanto bien fuera del campo de visión del usuario.

15 En las figs. 21 a 24, se ha representado la lente en una referencia en coordenadas esféricas, siendo llevado el ángulo beta en abscisas y el ángulo alfa en ordenadas.

20 Las figs. 21 y 22 muestran las líneas de nivel de la potencia óptica del usuario definida en una dirección de la mirada y para un punto objeto respectivamente para la lente curvada y perfilada multifocal clásica y para la lente curvada y perfilada multifocal según el invento. Comparando las figs. 21 y 22, se observa que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de potencia que la lente clásica para una misma prescripción.

Las figs. 23 y 24 muestran las líneas de nivel de la amplitud del astigmatismo oblicuo para uso; es decir el módulo del astigmatismo resultante, respectivamente para la lente curvada y perfilada multifocal clásica y para la lente curvada y perfilada multifocal según el invento. Comparando las figs. 23 y 24, se observa que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de astigmatismo que la lente clásica para una misma prescripción.

25 También se constata, como para las figs. 13 a 16, que los defectos de potencia y de astigmatismo se acentúan sobre el contorno de la lente según el invento (figs. 22 y 24), es decir en la zona periférica, con relación a la lente clásica (figs. 21 y 23).

30 Las figs. 25 y 26 muestran vistas esquemáticas en corte de las lentes respectivamente para la lente curvada y perfilada multifocal clásica y para la lente curvada y perfilada multifocal según el invento. La lente clásica (fig. 25) presenta un grosor central de 1,40 mm y un grosor de borde comprendido entre 5,01 mm y 6,62 mm. Por el contrario, la lente según el invento (fig. 26) presenta un grosor de borde comprendido entre 3,52 y 4,73 mm para un grosor central de 1,40 mm. Una lente así adelgazada es mucho más ligera de usar y más fácil de integrar en una montura.

35 El invento permite por lo tanto reducir considerablemente el grosor de una lente multifocal de prescripción negativa y que presenta una curvatura importante, por ejemplo superior a 6 dioptrías, para inserción en una montura perfilada por ejemplo, sin deteriorar las características ópticas de la lente para una misma prescripción.

40 Según un cuarto ejemplo de realización, las figs. 27 a 34 muestran una lente multifocal progresiva de prescripción -6 dioptrías en visión de lejos y de adición 2,5 dioptrías con una cara delantera compleja de base 2. La lente presenta un prisma de  $1,52^\circ$  de base geométrica orientado a  $270^\circ$  en la referencia TABO. El plano del vidrio está inclinado con respecto a la vertical en  $8^\circ$  y presenta un perfil nulo para un diámetro de 65 mm. El vidrio presenta un índice de 1,502. Se ha considerado un valor de  $q'$  de 27 mm (tal como el definido en referencia a la fig. 43) para las medidas sobre la lente de las figs. 27 a 34.

45 Las figs. 27, 29, 31 y 33 se refieren a una lente clásica que tiene las características indicadas anteriormente con una cara delantera progresiva y una cara trasera esférica. Las figs. 28, 30, 32 y 34 se refieren a una lente según el invento que tiene las características indicada anteriormente con una cara delantera progresiva y una cara trasera conectada. Como en las figs. 11 a 16, la cruz de montaje CM, el punto de referencia en visión de lejos VL y el punto de referencia en visión de cerca VP han sido recogidos en las figs. 27 a 32.

Las figs. 27 y 28 muestran la potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente para la lente multifocal clásica, y para la lente multifocal según el invento; se ha llevado en ordenadas el ángulo  $\beta$  y en abscisas la potencia en dioptrías.

50 Se resalta también en la fig. 28, que la zona de conexión introduce saltos de potencia en la parte superior e inferior de la meridiana, bien más allá de los puntos de referencia VP y VL, por lo tanto bien fuera del campo de visión del usuario.

En las figs. 29 a 32, se ha representado la lente en una referencia en coordenadas esféricas, mostrándose el ángulo beta en abscisas y el ángulo alfa en ordenadas.

Las figs. 29 y 30 muestran las líneas de nivel de la potencia óptica del usuario definida en una dirección de la mirada y para un punto objeto respectivamente para la lente multifocal clásica y para la lente multifocal según el invento. Comparando las figs. 29 y 30, se observa que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de potencia que la lente clásica para una misma prescripción.

5 Las figs. 31 y 32 muestran las líneas de nivel de la amplitud del astigmatismo oblicuo en uso; es decir, el módulo del astigmatismo resultante, respectivamente para la lente multifocal clásica y para la lente multifocal según el invento. Comparando las figs. 31 y 32, se observa que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de astigmatismo que la lente clásica para una misma prescripción.

10 También se constata, como para las figuras de los modos de realización precedentes que los defectos de potencia y de astigmatismo se acentúan sobre el contorno de la lente según el invento (figs. 30 y 32), es decir en la zona periférica, con relación a la lente clásica (figs. 29 y 31). La transición entre la zona central y la zona periférica de la lente según el invento es, sin embargo, continua y regular y no deteriora las cualidades ópticas de la zona central.

15 Las figs. 33 y 34 muestran vistas esquemáticas en corte de las lentes respectivamente para la lente multifocal clásica y para la lente multifocal según el invento. La lente clásica (fig. 33) presenta un grosor central de 1,8 mm y un grosor de borde comprendido entre 7,7 mm y 8,4 mm. Por el contrario, la lente según el invento (fig. 34) presenta un grosor central de 1,8 mm para un grosor de borde comprendido entre 5,5 mm y 6,2 mm. Una lente así adelgazada es mucho más ligera para ser usada y fácil de integrar en una montura.

20 El invento permite por tanto reducir considerablemente el grosor de una lente multifocal que presenta una fuerte prescripción de potencia negativa, por ejemplo superior a -4 dioptrías, sin deteriorar las características ópticas de la lente para una misma prescripción.

25 Según un quinto ejemplo de realización, las figs. 35 a 42 muestran una lente multifocal progresiva de prescripción +3 dioptrías en visión de lejos y de adición 2 dioptrías con una cara delantera compleja de base 6,5. La lente presenta un prisma de 1,52° de base geométrica orientado a 270° en la referencia TABO. El plano del vidrio está inclinado con respecto a la vertical en 8° y presenta un perfil nulo para un diámetro de 65 mm. El vidrio presenta un índice de 1,502. Se ha considerado un valor de  $q'$  de 27 mm (tal como se ha definido en referencia a la fig. 43) para las medidas sobre la lente de las figs. 35 a 42.

30 Las figs. 35, 37, 39 y 41 se refieren a una lente clásica que tiene las características indicada anteriormente con una cara delantera progresiva y una cara trasera esférica. Las figs. 36, 38, 40 y 42 se refieren a una lente según el invento que tiene las características indicada anteriormente con una cara delantera progresiva conectada. Como en las figs. 11 a 16, la cruz de montaje CM, el punto de referencia en visión de lejos VL y el punto de referencia en visión de cerca VP han sido recogidos en las figs. 35 a 40.

Las figs. 35 y 36 muestran la potencia óptica del usuario a lo largo de la meridiana respectivamente para la lente multifocal progresiva clásica y para la lente multifocal según el invento; se ha llevado en ordenadas el ángulo  $\beta$  y en abscisas la potencia en dioptrías.

35 Se resalta en las figs. 35 y 36 que la potencia óptica del usuario alrededor de los puntos de referencia VL y VP es sensiblemente constante. Se observa también en la fig. 36, que la zona de conexión introduce saltos de potencia en la parte superior e inferior de la meridiana, bien más allá de los puntos de referencia VP y VL, por tanto bien fuera del campo de visión del portador.

40 En las figs. 37 a 40, se ha representado la lente en una referencia en coordenadas esféricas, mostrándose el ángulo beta en abscisas y el ángulo alfa en ordenadas.

Las figs. 37 y 38 muestran las líneas de nivel de la potencia óptica del usuario definida en una dirección de la mirada y para un punto objeto respectivamente para la lente multifocal clásica y para la lente multifocal según el invento. Comparando las figs. 37 y 38, se observa que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de potencia que la lente clásica para una misma prescripción.

45 Las figs. 39 y 40 muestran las líneas de nivel de la amplitud del astigmatismo oblicuo en uso; es decir, el módulo del astigmatismo resultante, respectivamente para la lente multifocal clásica y para la lente multifocal según el invento. Comparando las figs. 39 y 40, se observa que la lente según el invento presenta sensiblemente el mismo reparto del defecto de astigmatismo que la lente clásica para una misma prescripción.

50 Se constata también, como para las figuras correspondientes de los ejemplos precedentes, que los defectos de potencia y de astigmatismo se acentúan en el contorno de la lente según el invento (figs. 38 y 40), es decir en la zona periférica, con respecto a la lente clásica (figs. 37 y 39). La transición entre la zona central y la zona periférica según el invento es, sin embargo, continua y regular y no deteriora las propiedades ópticas de la zona central.

Las figs. 41 y 42 muestran vistas esquemáticas en corte de las lentes respectivamente para la lente multifocal clásica y para la lente multifocal según el invento. La lente clásica (fig. 41) presenta un grosor central de 5,0 mm y un grosor de

borde comprendido entre 0,5 mm y 1,4 mm. Por el contrario, la lente según el invento (fig. 42) presenta un grosor central de 3,8 mm para un grosor de borde comprendido entre 0,5 mm y 0,9 mm. Una lente así adelgazada es mucho más ligera de usar y más fácil de integrar en una montura.

5 El invento permite por lo tanto reducir considerablemente el grosor de una lente multifocal que presenta una fuerte prescripción de potencia positiva, por ejemplo superior a +3 dioptrías, sin deteriorar las características ópticas de la lente para una misma prescripción.

Para proceder a la optimización de una lente según el invento, se ha considerado como lente de partida una lente que presenta una primera cara con una superficie que tiene un radio de curvatura máximo.

10 Se define también una zona central y una zona periférica sobre la segunda cara de la lente. Esta zona periférica tiene un radio máximo de curvatura comprendido entre el valor del radio máximo de curvatura de la primera cara y el valor del radio máximo de curvatura de la zona central. Se elegirá el valor del radio máximo de curvatura de la zona periférica que permita obtener un adelgazamiento óptimo de la lente. Se pueden, por ejemplo, imponer bordes de la lente sensiblemente planos. Así, si la primera cara es esférica, la zona periférica de la superficie de la segunda cara puede ser esférica y tener el mismo radio de curvatura que la primera cara; si la primera cara es tórica, la zona periférica de la superficie de la segunda cara puede ser tórica y tener el mismo valor de meridiano más grande que la primera cara. Si la superficie de la primera cara es compleja, la zona periférica de la superficie de la segunda cara puede ser esférica o tórica y tener como valor de radio de curvatura o de meridiano más grande el valor del radio máximo de curvatura de la primera cara, o la zona periférica de la superficie de la segunda cara puede ser igualmente compleja y tener como valor de radio máximo de curvatura el valor del radio máximo de curvatura de la primera cara o un valor comprendido entre este radio máximo de curvatura de la primera cara y el radio máximo de curvatura de la zona central de la segunda cara. En particular, si la zona central presenta una variación de potencia, la zona periférica puede presentar una variación de potencia de la misma naturaleza (progresión o regresión).

Se considera entonces la lente en las condiciones de uso, fijando los valores de la distancia ojo-lente  $q'$ , de ángulo pantoscópico (o inclinación vertical) y de perfil. Se proporciona el grosor central de la lente y un índice de vidrio.

25 A continuación se fijan los objetivos para la optimización de la lente. Se definen para una zona central ópticamente útil objetivos que tienen valores dados de potencia, de módulo de astigmatismo y de eje de astigmatismo para direcciones de mirada dadas.

30 Se determina entonces la lente por optimización. A este fin, se considera una lente corriente; en el inicio, esta lente corriente es la lente de partida. Se hacen variar las características de la segunda cara de la lente corriente para aproximarse a los valores objetivo de la zona central calculando al mismo tiempo una superficie interpolada que comprenda una zona de conexión entre las zonas central y periférica. La superficie interpolada de la segunda cara de la lente es calculada con una fórmula de interpolación elegida y para una altitud relativa de la zona periférica con relación a la zona central dada. Se hace variar esta altitud relativa de la zona periférica con respecto a la zona central, es decir se aleja o se aproxima según el eje Z la zona periférica de la zona central para obtener la mejor superficie extrapolada con relación a una función de mérito dada, por ejemplo una de las funciones de mérito citadas con anterioridad – minimización de las desviaciones cuadráticas medias de las esferas y cilindros en las dos direcciones X e Y o sobre los círculos que delimitan las zonas central y periférica; minimización del cilindro máximo o de las pendientes de esfera o de cilindro en la zona de conexión.

40 Para la optimización, pueden utilizarse diversas representaciones de la o de las superficies que varían. En el ejemplo, no se hace variar más que la cara trasera de la lente, pero podría hacer variar también la cara delantera. La o las caras que varían pueden estar representadas por polinomios de Zernike; puede utilizarse una capa esférica, superpuesta a una u otra de las caras, y hacer variar esta capa esférica. La optimización puede utilizar técnica conocidas en sí. En particular, podrá utilizarse el método de optimización de mínimos cuadrados amortiguados (DLS).

45 El invento permite obtener así una lente curvada y/o de fuerte prescripción de grosor reducido sin acentuar los defectos de oblicuidad para un buen confort visual del usuario.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un procedimiento de determinación de una lente oftálmica que comprende las etapas de:
- elección de una lente de partida con una primera cara y una segunda cara;
  - definición de una superficie de partida para la segunda cara de la lente con una zona central (15) de diámetro  $D_{ini}$  y una zona periférica (17) de diámetro interior  $D_{rac}$  superior al diámetro  $D_{ini}$  de la zona central,
- 5 presentando cada punto de la zona central (15) y de la zona periférica (17) una altitud definida con respecto a un eje (Z) normal a la segunda cara de la lente y que tiene por origen el centro de la zona central (15), siendo definida la altitud de la zona periférica (17) como la altitud del punto más bajo situado sobre el diámetro interior  $D_{rac}$ ;
- 10 teniendo la zona periférica (17) un radio máximo de curvatura comprendido entre el radio máximo de curvatura de la primera cara y el radio máximo de curvatura de la zona central (15);
- elección de una fórmula de interpolación;
  - definición de una lente corriente igual a la lente de partida;
  - optimización de la lente corriente aplicando:
    - valores objetivo de potencia y de astigmatismo para direcciones de mirada dadas en la zona central (15) de la
- 15 segunda cara de la lente;
- la fórmula de interpolación a la zonas central (15) y periférica (17) para definir una superficie interpolada que comprende una zona de conexión (16), minimizando la superficie interpolada una función de mérito (FM) para diferentes altitudes relativas de la zona periférica (17) con respecto a la zona central (15).
- 20 2.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según la reivindicación 1, en el que la optimización de la zona central (15) de la lente corriente es realizada en las condiciones de uso.
- 3.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según la reivindicación 1 ó 2, en el que la función de mérito (FM) es una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros calculadas sobre un conjunto de puntos entre la superficie interpolada y las superficies de las zonas central y periférica.
- 25 4.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según la reivindicación 3, en el que el conjunto de puntos para los que una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros son calculadas consiste en los ejes verticales y horizontales de la lente.
- 5.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según la reivindicación 3, en el que el conjunto de puntos para los que una minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y cilindros es calculada consiste en los círculos de diámetro  $D_{ini}$  y  $D_{rac}$  que delimitan respectivamente las zonas central y periférica.
- 30 6.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según la reivindicación 1 ó 2, en el que la función de mérito (FM) es una minimización del valor del cilindro máximo en la zona de conexión (16).
- 7.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según la reivindicación 1 ó 2, en el que la función de mérito (FM) es una minimización de la norma del gradiente de esfera o de cilindro en la zona de conexión (16).
- 35 8.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que las zonas central, de conexión y periférica están centradas sobre un mismo punto de la superficie de la segunda cara de la lente, materializando dicho punto de centrado la dirección principal de la mirada en las condiciones de uso.
- 9.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según la reivindicación 4, en el que la función de mérito (FM) de la minimización de las desviaciones cuadráticas medias en esferas y en cilindros verticales y horizontales entre la superficie interpolada y las superficies de las zonas central y periférica es definida como:
- 40  $FM = a FM_X + b FM_Y$ ;
- Con a y b de los coeficientes de ponderación; y con

$$FM_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Sph_{xi} - Sph'_{xi})^2}{n}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Cyl_{xi} - Cyl'_{xi})^2}{n}}$$

$$FM\_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Sph\_yi - Sph'\_yi)^2}{n}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Cyl\_yi - Cyl'\_yi)^2}{n}}$$

Dónde  $Sph\_xi$  y  $Sph\_yi$  son los valores de esferas iniciales en un punto considerado en la zona central o en la zona periférica sobre el eje X y sobre el eje Y

5 Dónde  $Cyl\_xi$  y  $Cyl\_yi$  son los valores de cilindros iniciales en un punto considerado en la zona central o en la zona periférica sobre el eje X y sobre el eje Y; y

Dónde  $Sph'\_xi$ ,  $Sph'\_yi$  y  $Cyl'\_xi$ ,  $Cyl'\_yi$  son los valores de esferas y de cilindros en un punto considerado de la superficie interpolada en la zona de conexión sobre el eje X y sobre el eje Y.

10.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la primera cara de la lente es elegida compleja.

10 11.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la primera cara y la zona periférica de la segunda cara de la lente son elegidas esféricas.

12.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la primera cara y la zona periférica de la segunda cara de la lente son elegidas tóricas.

15 13.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la zona central de la segunda cara es elegida con una variación de potencia.

14.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la zona central y la zona periférica de la segunda cara son elegidas con una variación de potencia.

20 15.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el diámetro ( $D_{ini}$ ) de la zona central (15) es elegido superior o igual a 30 mm e inferior al menos en 10 mm al diámetro total ( $D_{fin}$ ) de la lente delantera antes del rebordeado ( $30 \text{ mm} \leq D_{ini} \leq D_{fin} - 10 \text{ mm}$ ).

16.- El procedimiento de determinación de una lente oftálmica según una de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el diámetro interior ( $D_{rac}$ ) de la zona periférica (17) es elegido superior o igual al menos en 10 mm al diámetro de la zona central ( $D_{ini}$ ) e inferior al diámetro total ( $D_{fin}$ ) de la lente antes del rebordeado.

Figura 1

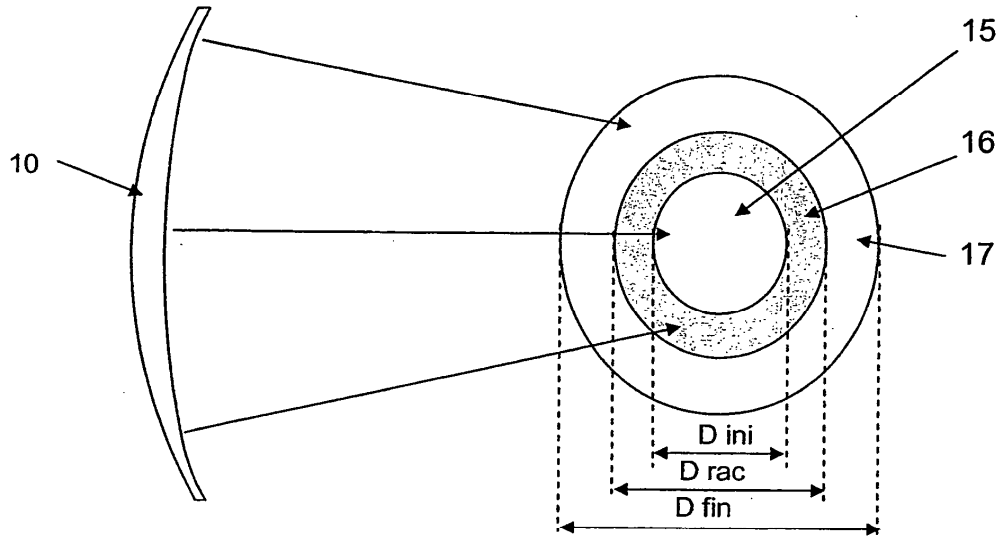


Figura 2

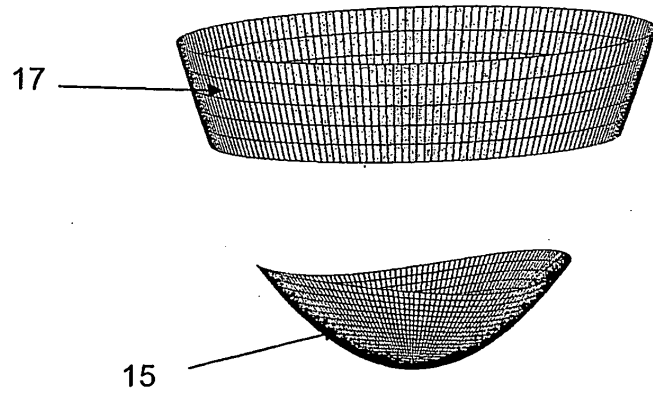


Figura 3

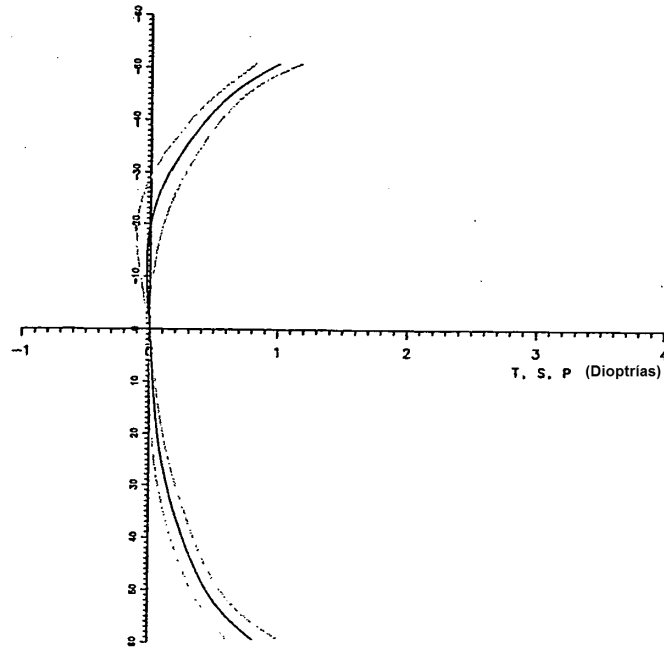


Figura 4

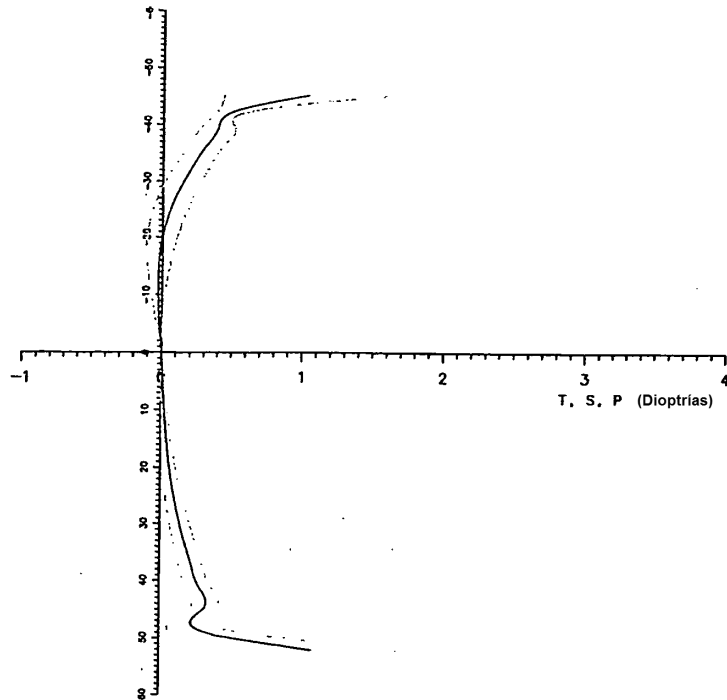


Figura 5

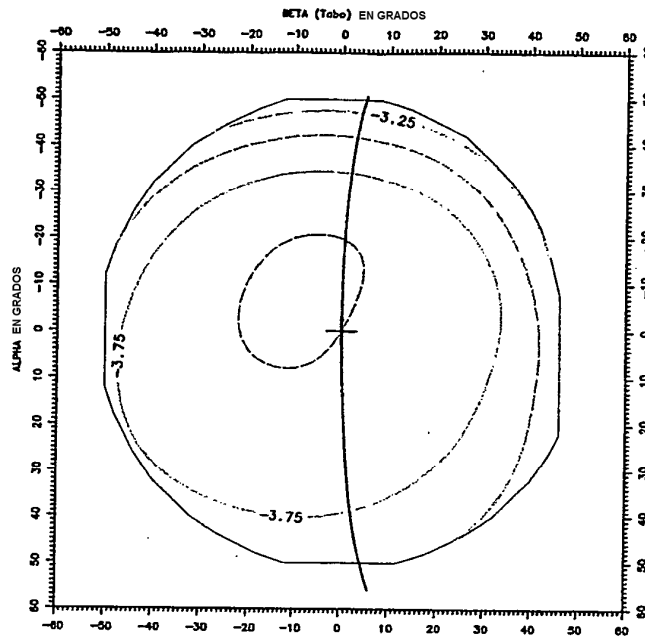


Figura 6

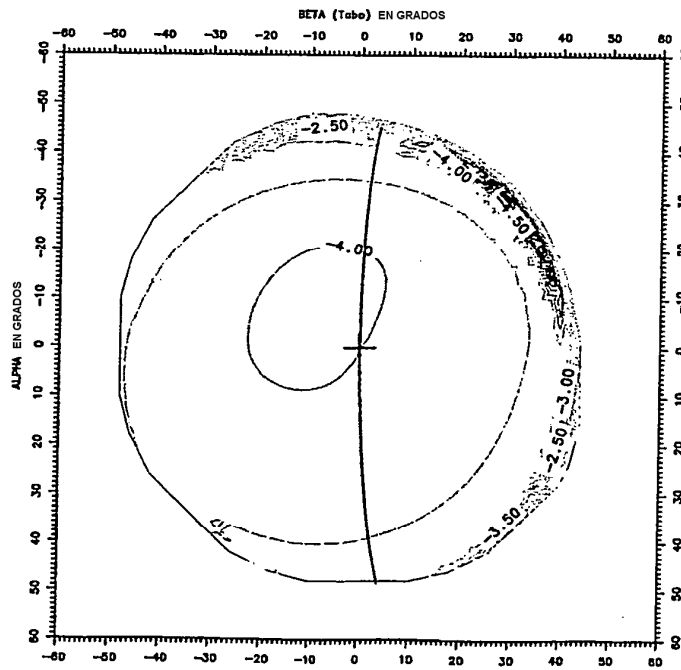


Figura 7

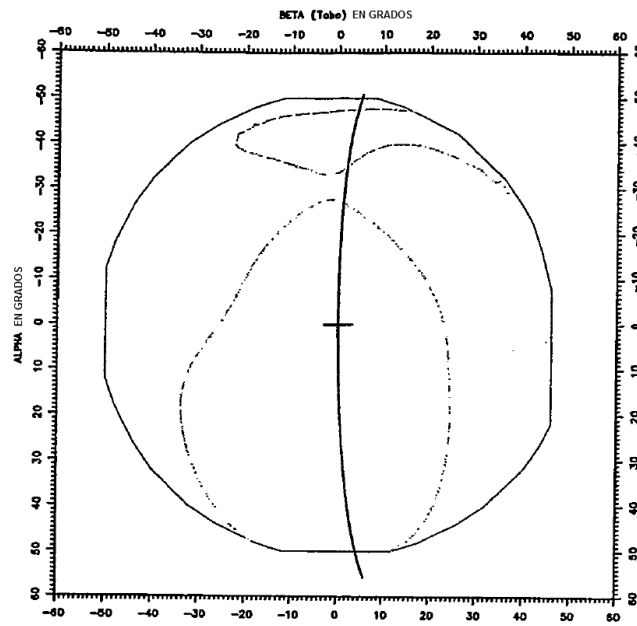


Figura 8

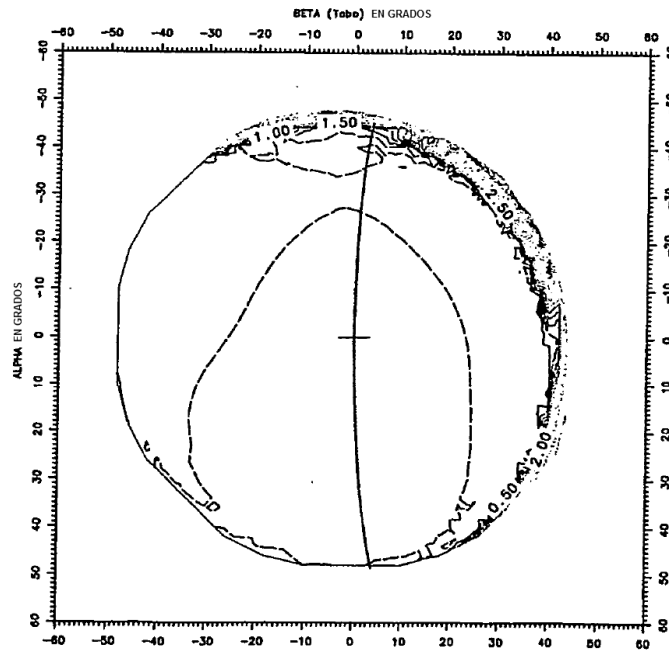


Figura 9

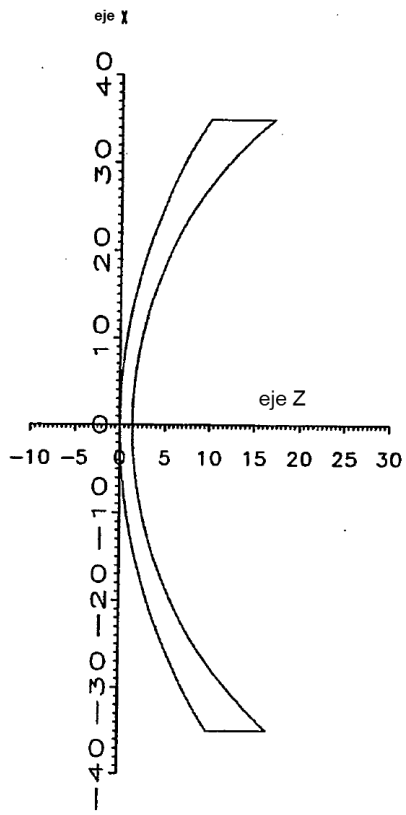


Figura 10

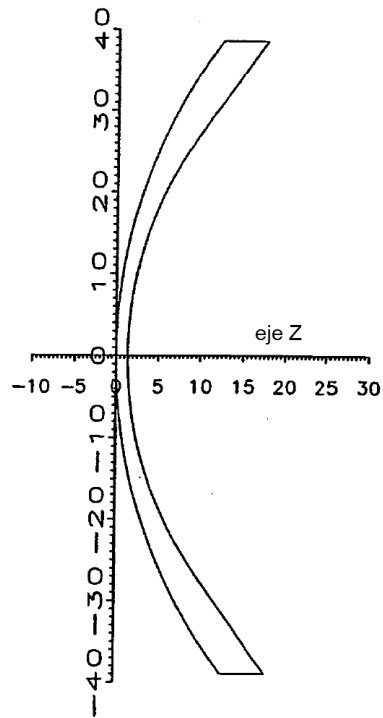


Figura 11

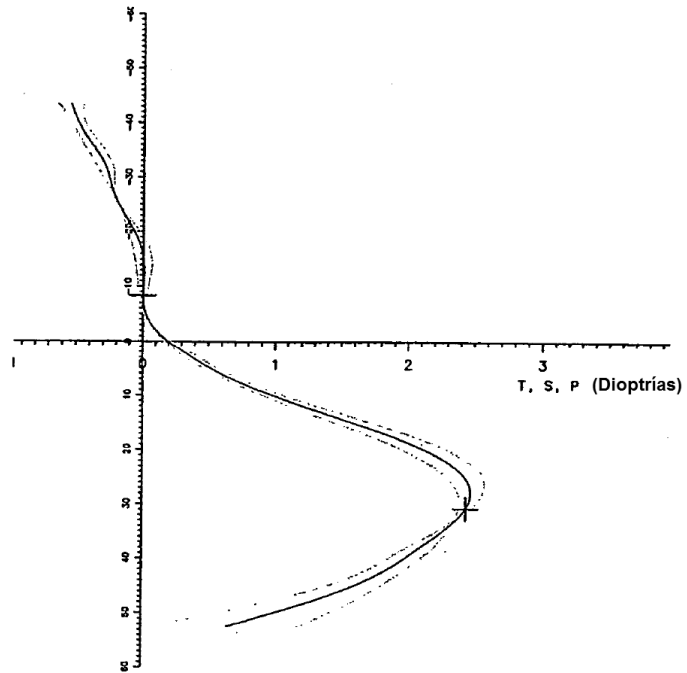


Figura 12

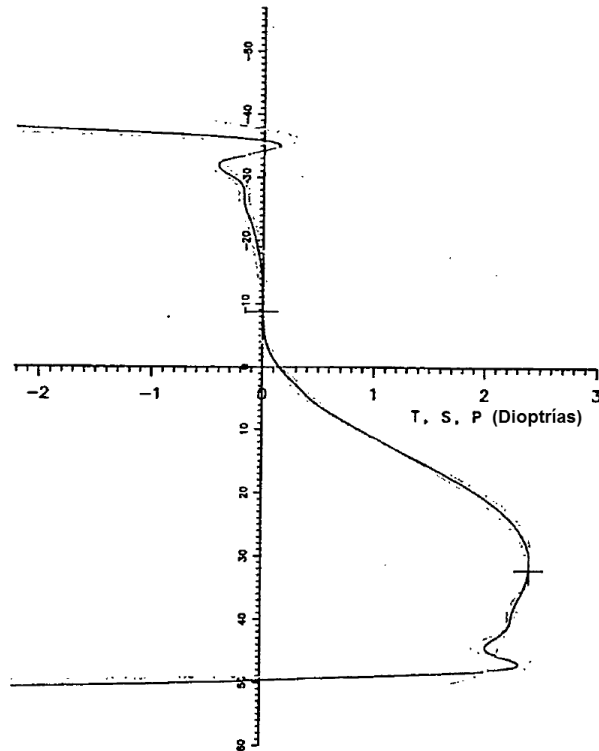


Figura 13

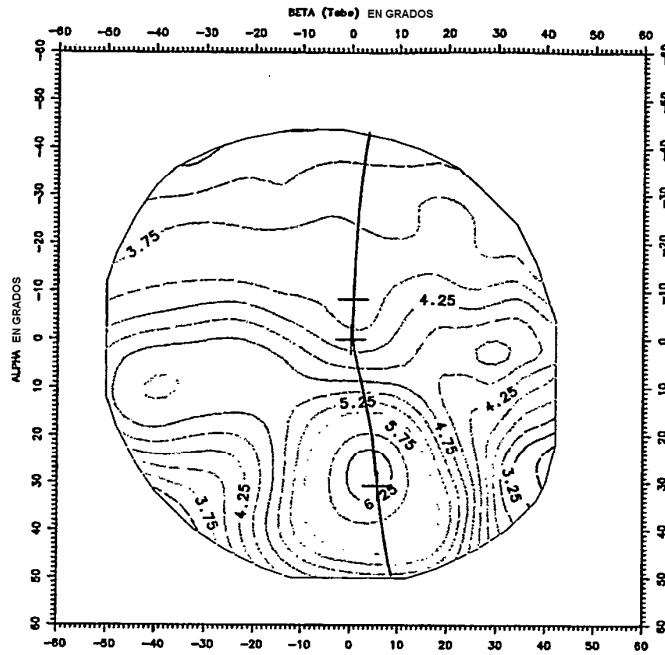


Figura 14

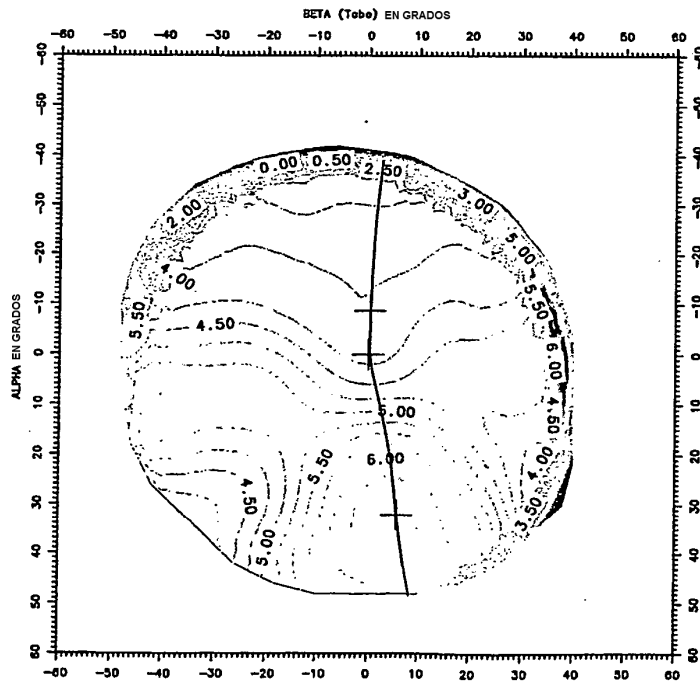


Figura 15

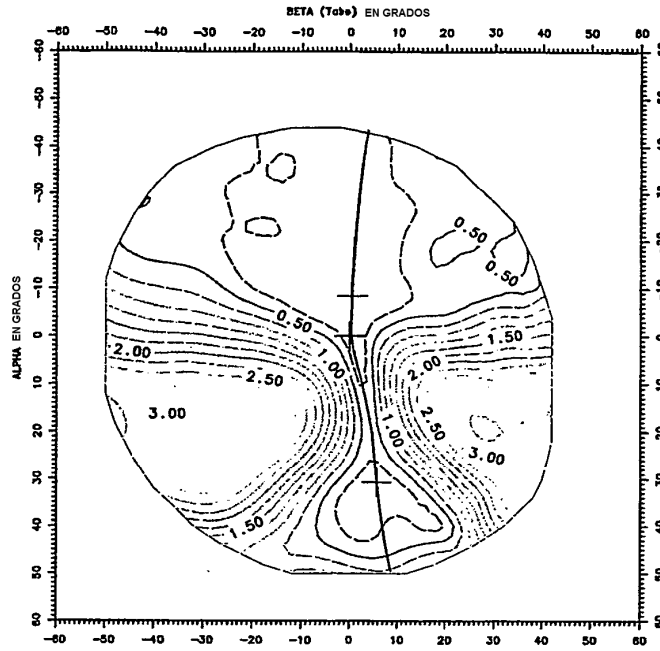


Figura 16

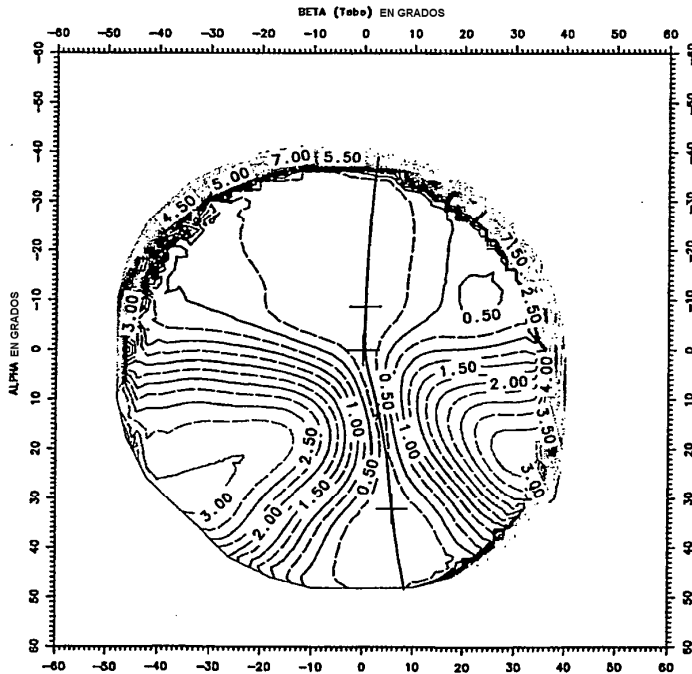


Figura 17

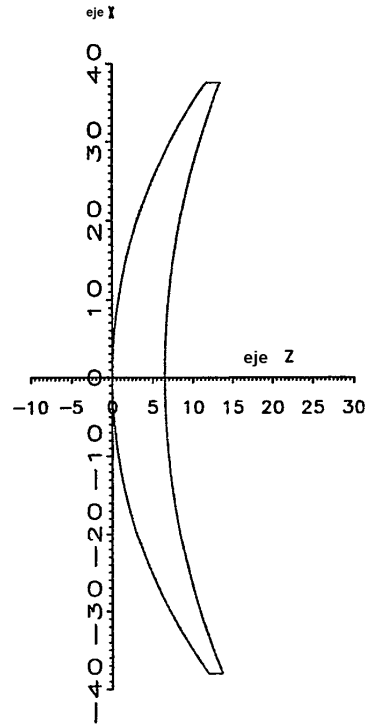


Figura 18

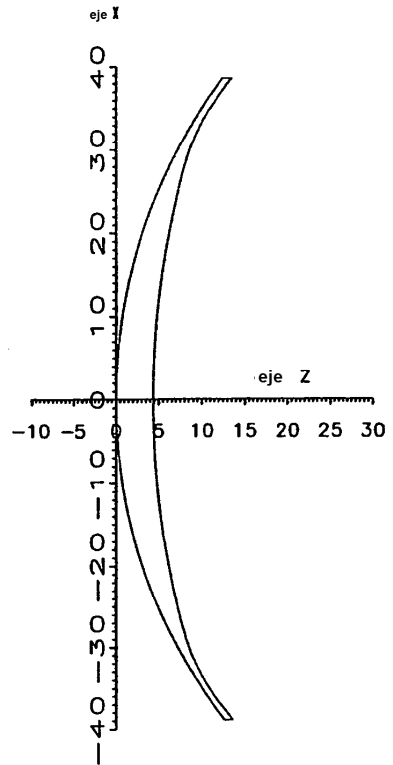


Figura 19

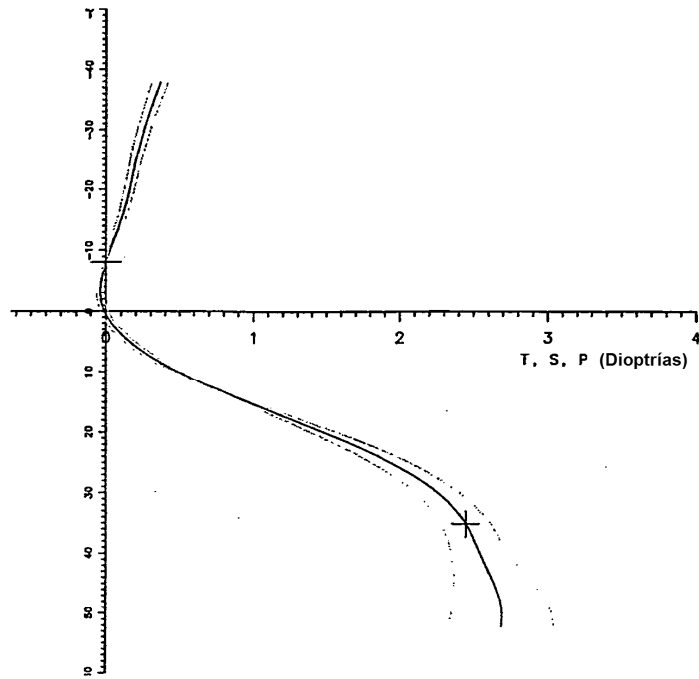


Figura 20

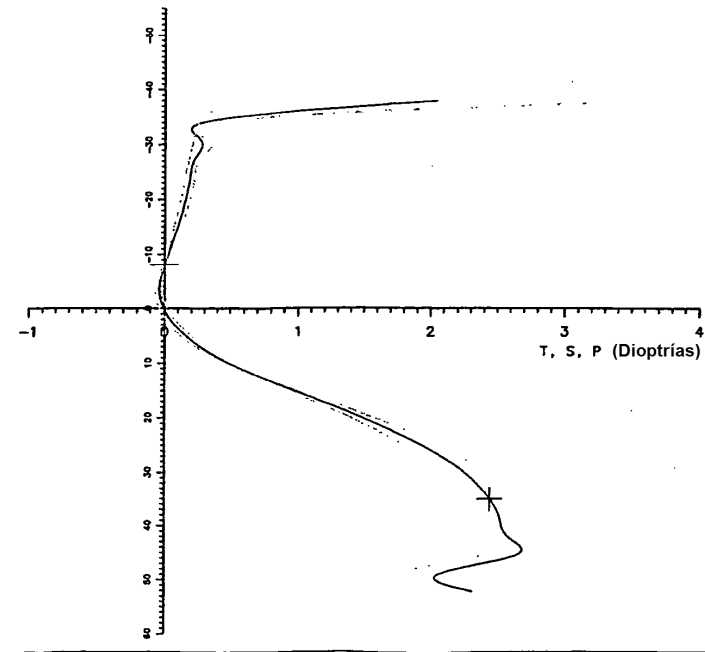


Figura 21

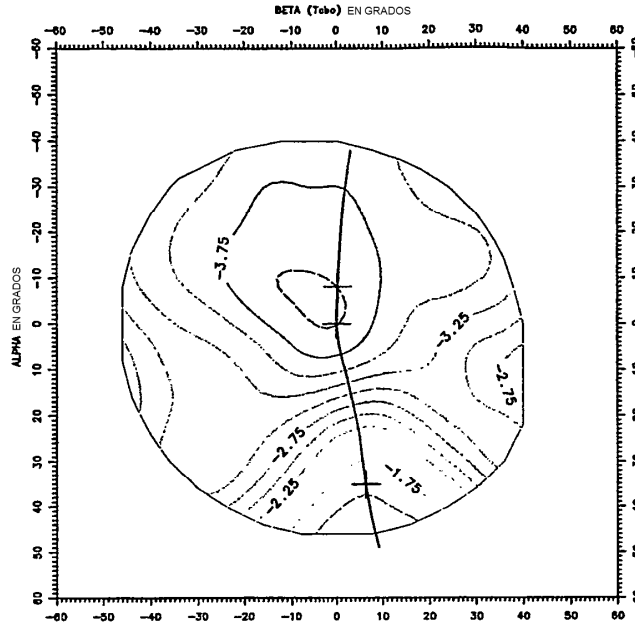


Figura 22

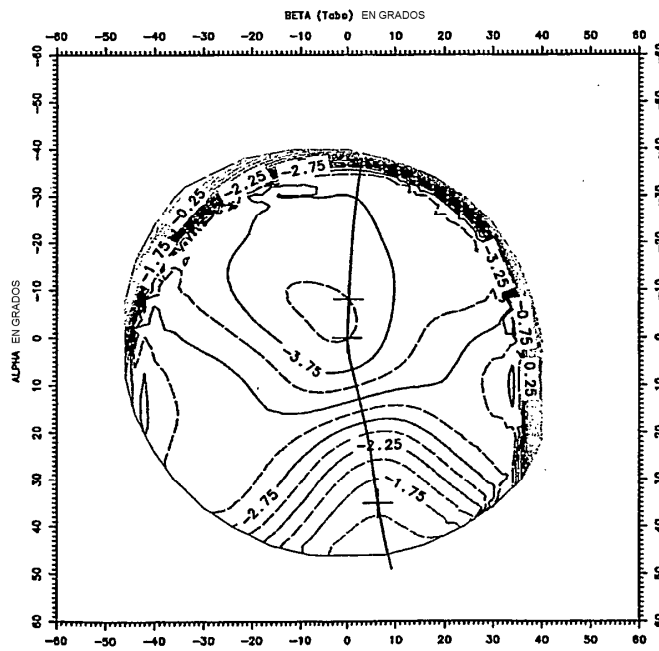


Figura 23

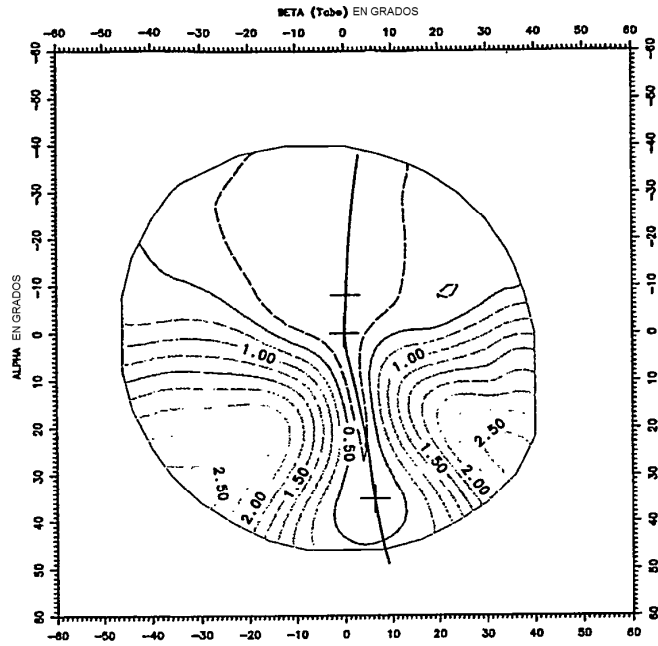


Figura 24

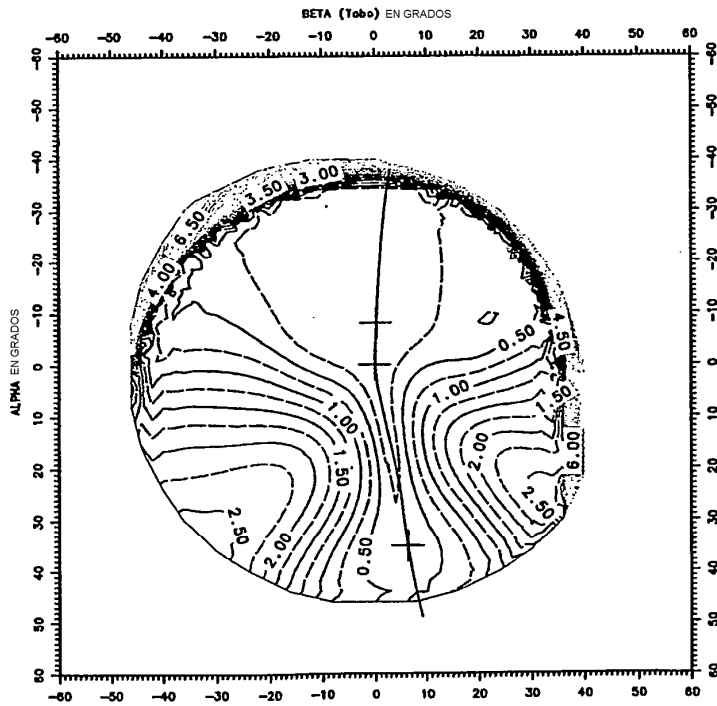


Figura 25

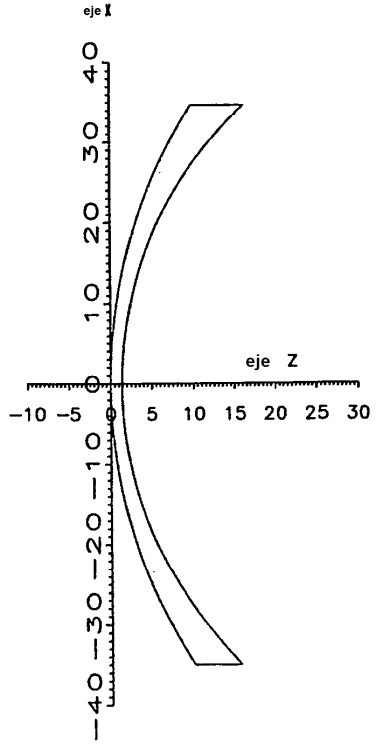


Figura 26

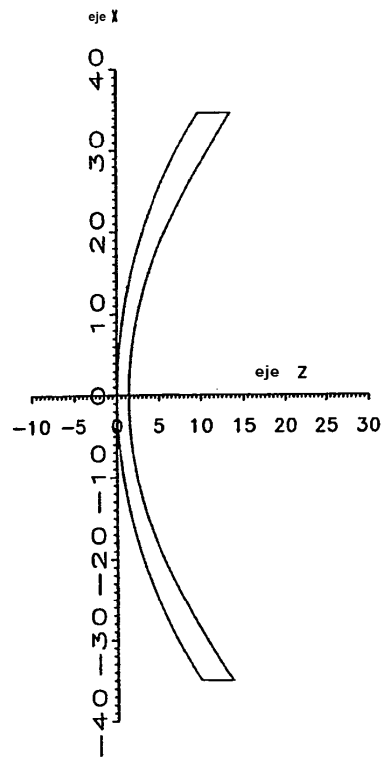


Figura 27

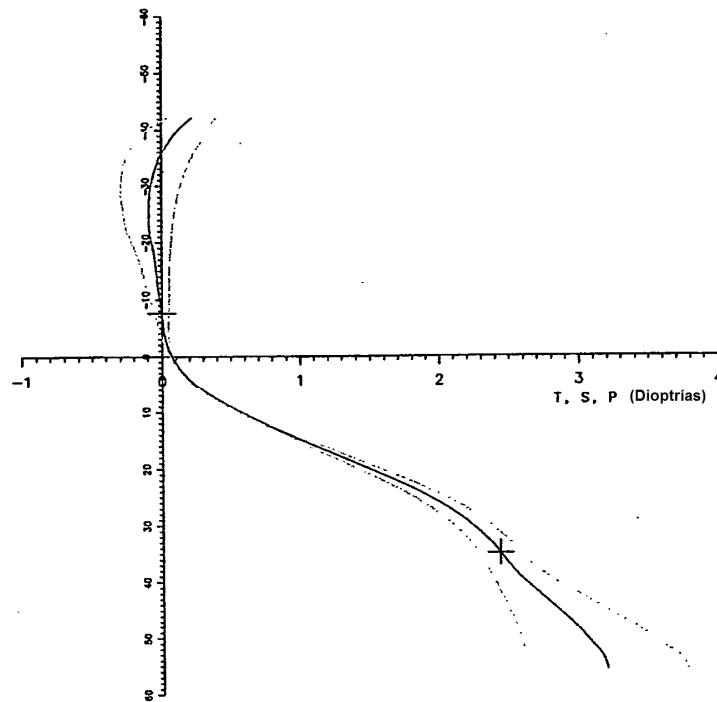


Figura 28

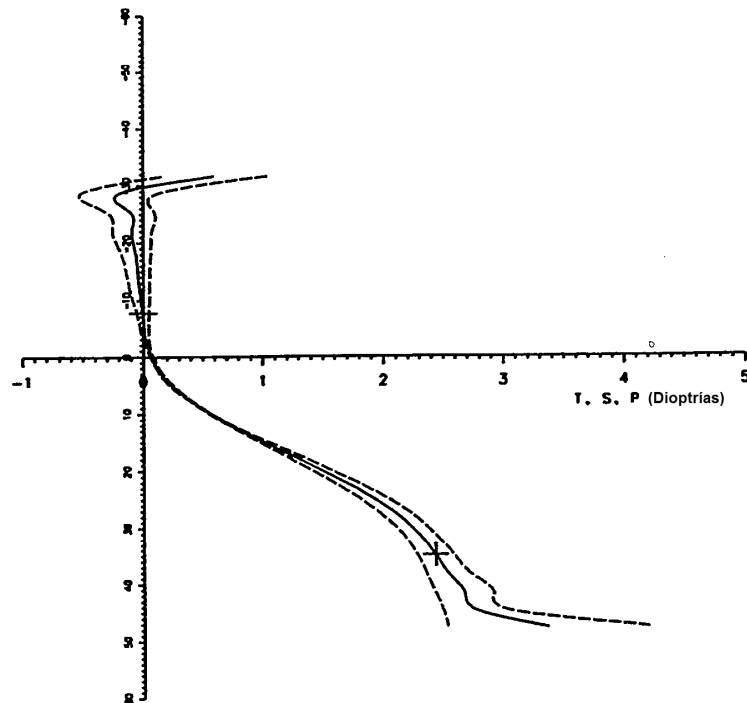


Figura 29

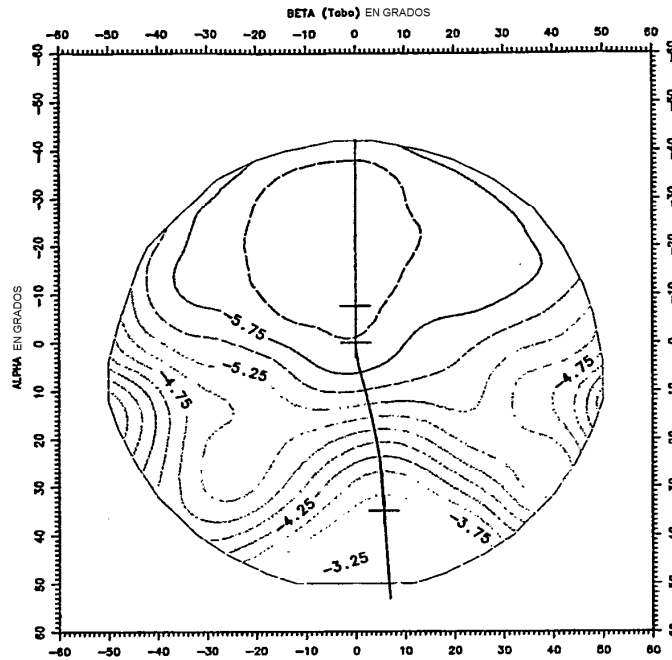


Figura 30

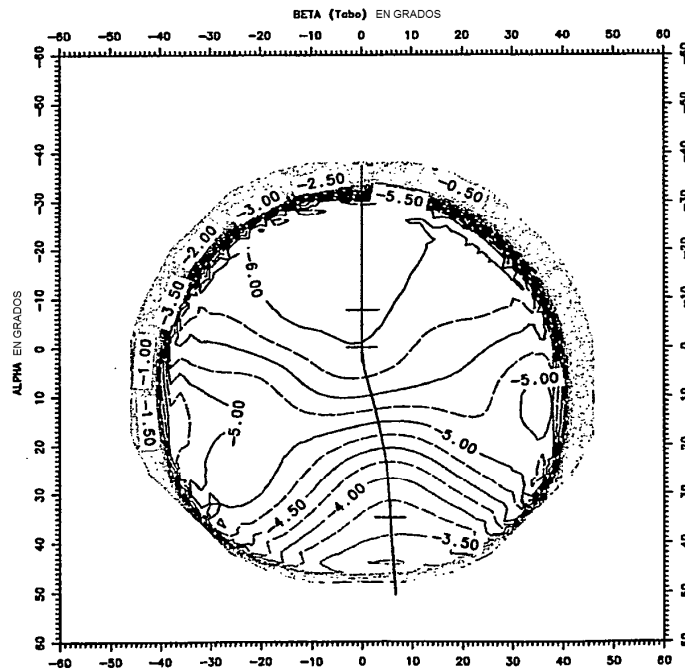


Figura 31

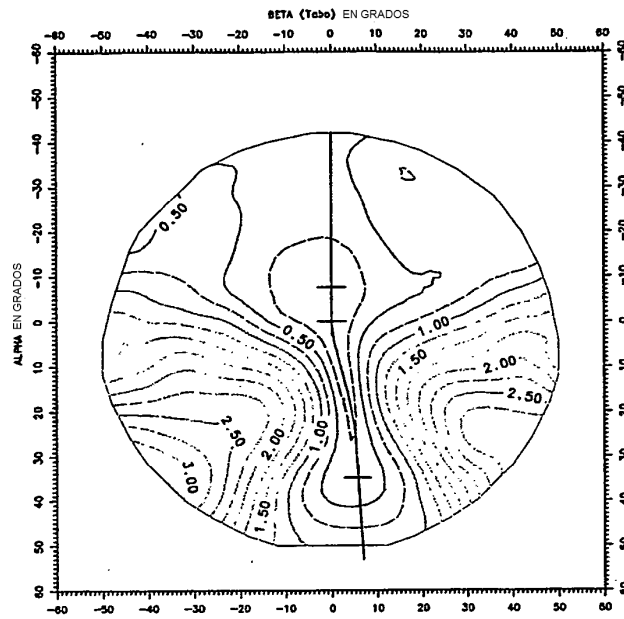


Figura 32

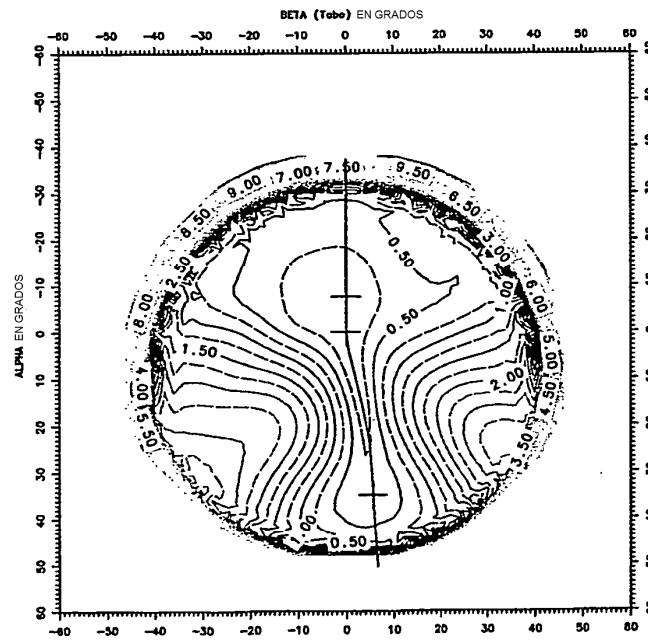


Figura 33

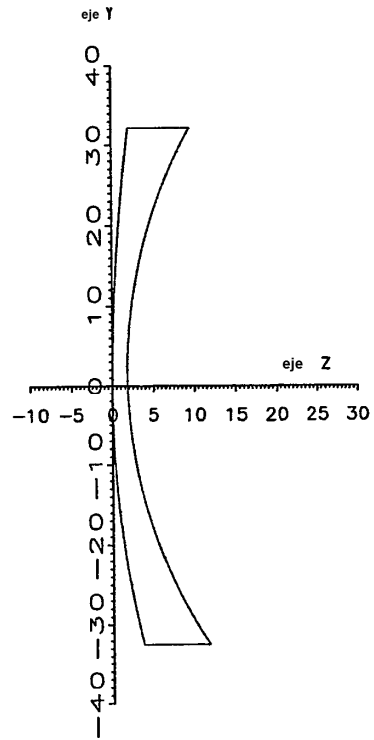


Figura 34

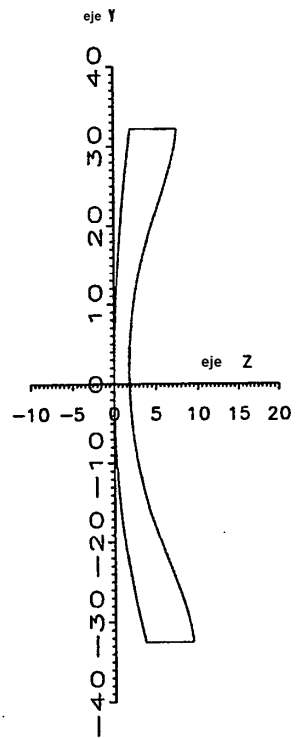


Figura 35

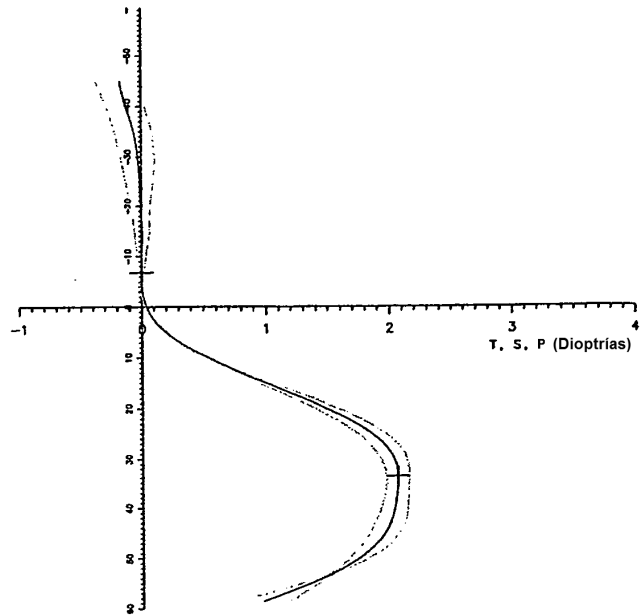


Figura 36

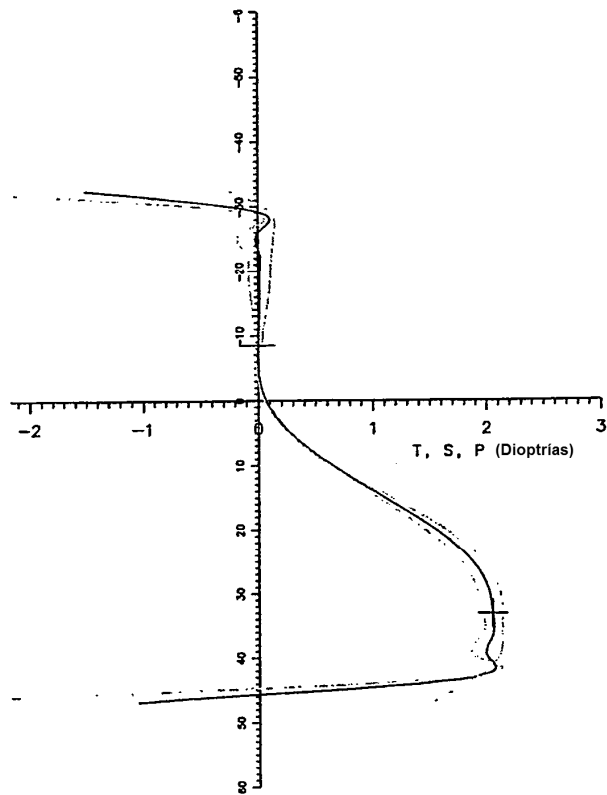


Figura 37

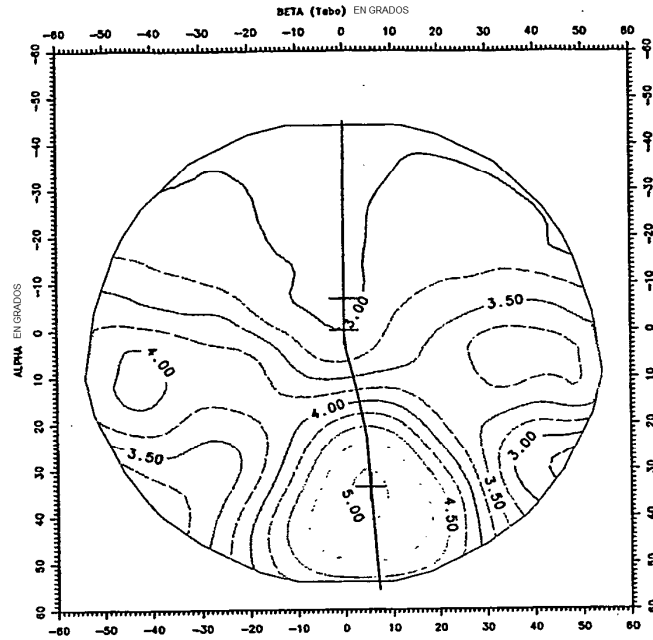


Figura 38

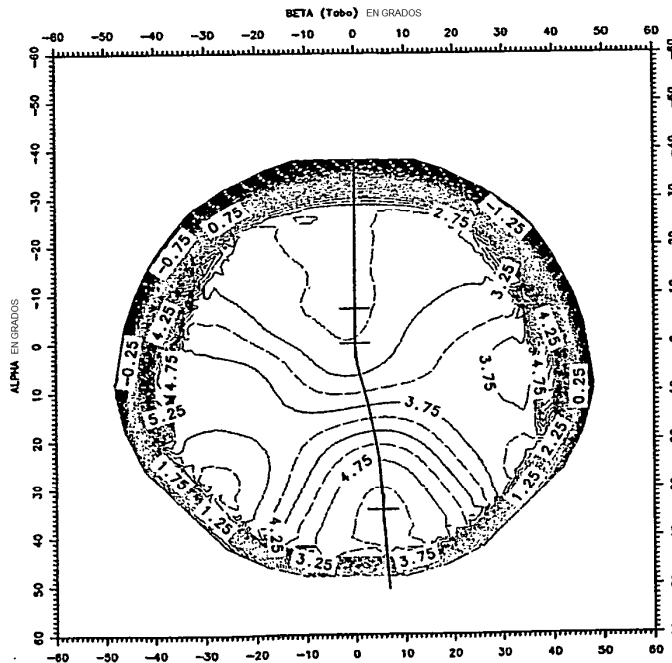


Figura 39

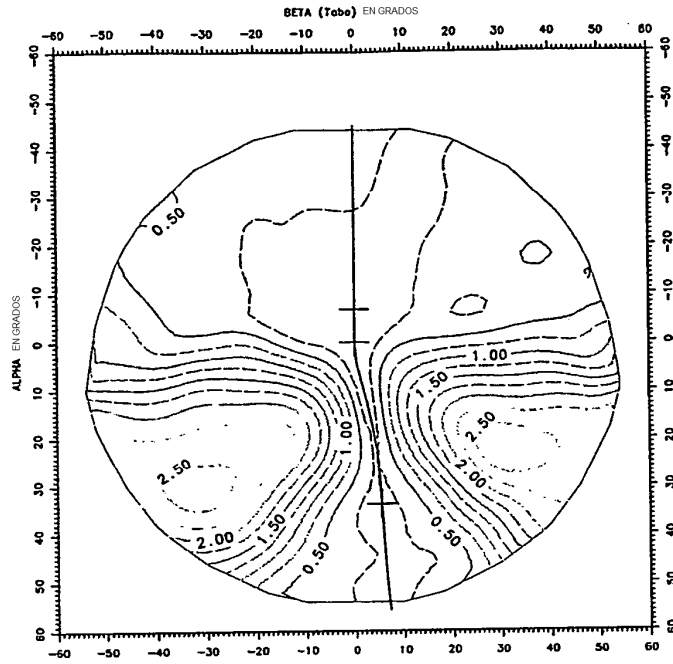


Figura 40

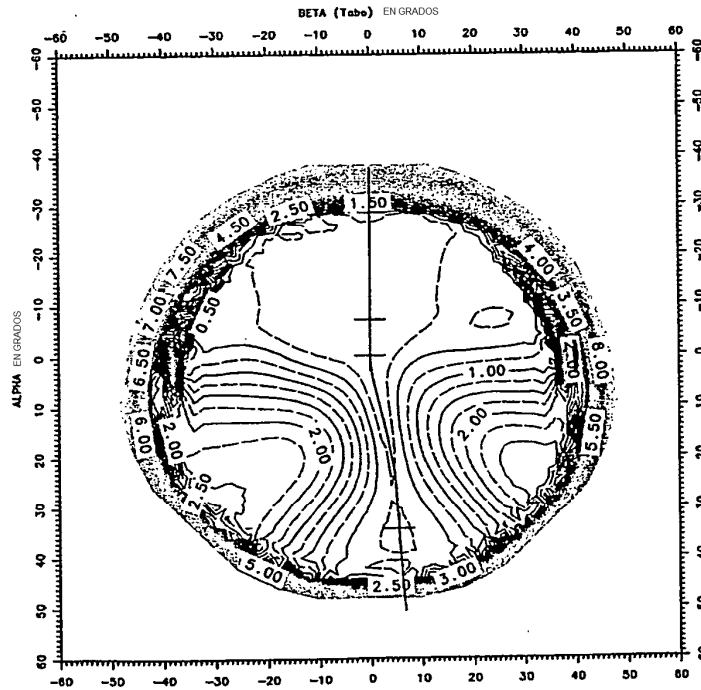


Figura 41

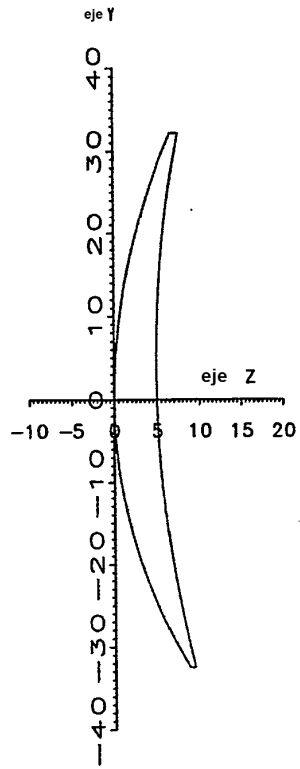
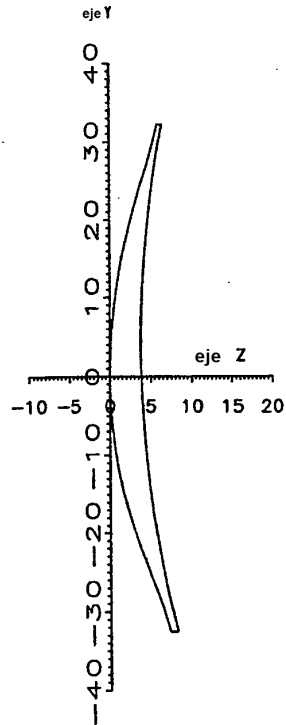


Figura 42



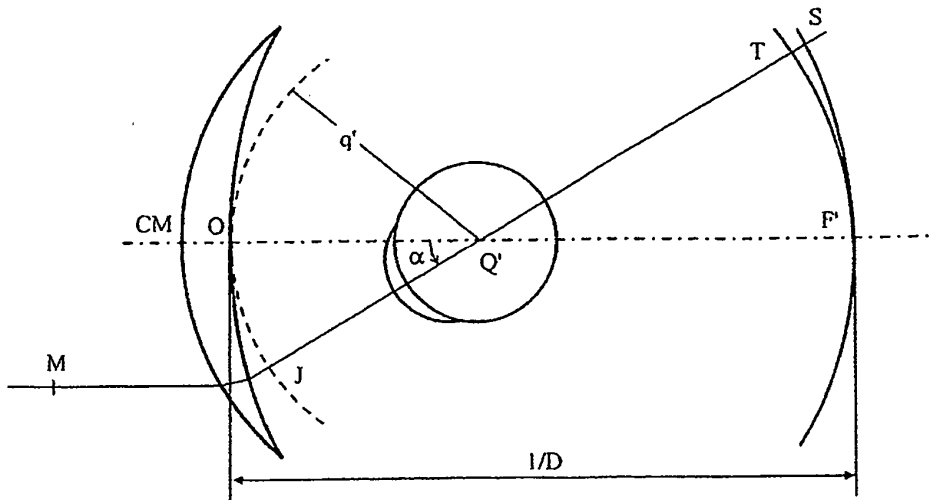


Figura 43

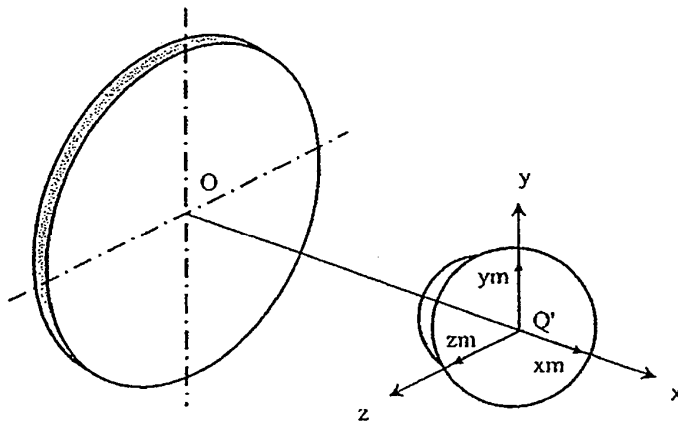


Figura 44

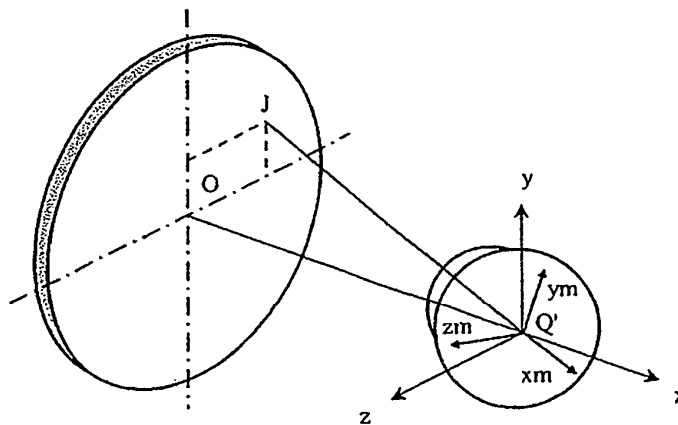


Figura 45