



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 341 710**

(51) Int. Cl.:
G02C 7/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **03769454 .4**

(96) Fecha de presentación : **24.10.2003**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1554624**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2005**

(54) Título: **Cristal de gafas con pocas aberraciones de orden superior.**

(30) Prioridad: **25.10.2002 DE 102 50 093**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.06.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.06.2010

(73) Titular/es: **Rodenstock GmbH**
Isartalstrasse 43
80469 München, DE

(72) Inventor/es: **Wehner, Edda;**
Welk, Andrea;
Haimerl, Walter;
Alzheimer, Helmut y
Esser, Gregor

(74) Agente: **Aymat Escalada, Carlos**

ES 2 341 710 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

Cristal de gafas con pocas aberraciones de orden superior.

La invención se refiere a un proceso para producir un cristal de gafas con pocas aberraciones de orden superior.

En los cristales unifocales se utilizan desde hace cierto tiempo superficies esféricas o atóricas. Lo que se pretende con ello es mejorar las propiedades cosméticas o las propiedades ópticas. Se entiende por propiedad cosmética el grosor, el peso y la elasticidad, y por propiedad óptica, el astigmatismo y el poder refringente. En general, en los cristales unifocales con superficies esféricas o atóricas mejoran las propiedades cosméticas, sin perjuicio de las propiedades ópticas. Hasta ahora no se han tenido en cuenta aberraciones de orden superior. Sin embargo, en los cristales unifocales con superficies esféricas o atóricas suelen presentarse problemas de incompatibilidad. Estos no se pudieron entender ya que las aberraciones de segundo orden (astigmatismo y poder refringente) se habían corregido muy bien. La causa de este problema residía en las aberraciones de orden superior, que no se tuvieron en cuenta en el estado de la técnica y que presentan valor muy superiores a lo que ocurre con cristales unifocales con superficie esféricas o atóricas (lentes en forma de menisco).

El documento US 6.231.182 describe un cristal para gafa monofocal, con superficie esféricas delante y detrás. Por lo menos una de las superficies tiene radios de curvatura principales iguales en el vértice. Imponiendo condiciones a la curva del poder refringente medio a lo largo de un ángulo de azimut constante, se consigue que el cristal para gafa presente, en una zona dentro de un radio de aprox. 20 mm alrededor del vértice, una astigmatismo y un error de refracción de menos de 0,1 dpt.

El documento EP 0969 309 describe una serie de cristales progresivos para gafa, cuyo desplazamiento de la proyección de la línea principal en el plano x, y obedece a una relación parametrizada. La superficie del lado del ojo puede ser una superficie esférica en caso de prescripción esférica y una superficie atórica en caso de prescripción tórica, donde la curva básica de la superficie progresiva se elige 1 dpt a 1,5 dpt más plana que en la superficie esférica o tórica del lado del ojo. Las distorsiones de imagen que se producen en el uso son corregidas por la superficie esférica o atórica.

En el caso de cristales progresivos, las aberraciones de orden superior juegan un papel muy importante, ya que estos errores son inducidos debido a la progresión. Sin embargo, no se han tenido en cuenta estas aberraciones en el estado de la técnica.

Por lo tanto, hay que comprobar si no se tuvieron en cuenta hasta ahora, en los cristales para gafas del estado de la técnica, aberraciones de orden superior, en primer lugar aberración esférica y coma.

Lo que se pretende con la presente invención es disponer de un proceso para la producción de un cristal progresivo para gafa en el que se optimice, en la medida de lo posible, el cristal progresivo, teniendo en cuenta la compatibilidad para el usuario de las gafas.

Este problema se resuelve con un proceso para la producción de un cristal progresivo para gafa según las reivindicaciones independientes. En las sub-reivindicaciones se ofrecen formas de realización preferidas.

Se ofrece un cristal progresivo para gafas, que se caracteriza porque presenta pocas aberraciones de orden superior. Se entiende por aberraciones de orden superior una aberración esférica y/o una coma. En el caso de cristales unifocales para gafa, que constituyen un ejemplo de referencia, y no son objeto de la presente invención, se parte de la base de que las aberraciones de orden superior corresponden a las de un cristal unifocal para gafa con superficies esféricas o tóricas. Además, tanto el astigmatismo como el poder refringente, como la coma y la aberración esférica se pueden comparar con los de una lente en forma de menisco. En el caso de cristales progresivos para gafas (objeto de la invención), el valor máximo de la coma se encuentra en un rectángulo delimitado por el punto de centraje, el punto de referencia prismático y el punto de referencia próximo. Además, el cociente entre coma y adición es limitado. La coma en particular aumenta poco en los puntos de referencia al aumentar el diámetro de la pupila. Además, la coma presenta en los puntos de referencia, en función del diámetro de la pupila un gradiente menor que en los puntos con coma máxima. Tanto el valor máximo como el valor mínimo de la aberración esférica se encuentran en un rectángulo formado por el punto de centraje, el punto de referencia prismático y el punto de referencia próximo. Además, la aberración esférica, particularmente en los puntos de referencia, aumenta poco al aumentar el diámetro de la pupila. Además, la aberración esférica presenta en los puntos de referencia, en función del diámetro de la pupila, un gradiente menor que en los puntos con valores máximos y mínimos.

En los cristales unifocales esféricos, la elasticidad por ejemplo se elige de modo que se corrijan de la mejor forma posible las aberraciones de segundo orden, el astigmatismo de haces inclinados y los defectos de refracción. Por este motivo, los cristales unifocales con superficies esféricas se realizan como lentes en forma de menisco. En este caso, la elasticidad se elige de forma que el astigmatismo de haces inclinados y los defectos de refracción sean lo más reducidos posible. No obstante, para corregir el error de apertura (aberración esférica), no hay que utilizar lentes en forma de menisco sino bi-lentes (relación de radianes aprox. 1:6). No obstante, las lentes en forma de menisco no suelen causar problemas de compatibilidad. Esto es debido a que, al parecer, el diafragma de apertura del ojo es relativamente pequeño y que, además, debido al efecto Stiles - Crawford, al diafragma corporal se superpone un diafragma sensorial

ES 2 341 710 T3

más pequeño. Por este motivo, se puede partir de la base de que la coma y la aberración cromática del orden en que aparece en lentes en forma de menisco no causan ningún problema de compatibilidad.

Las aberraciones de orden superior se pueden calcular por ejemplo con el método siguiente:

- 1) Se establece previamente una dirección visual, un punto-objeto, un punto sobre la superficie delantera o un punto sobre la superficie trasera del cristal para gafas. Con uno de estos cuatro datos se define claramente, junto con el punto de giro del ojo, el camino óptico, y mediante un cálculo detallado del rayo se puede calcular el rayo principal.
- 2) Se calcula la posición del diafragma de abertura rotando la pupila de entrada del ojo según la dirección visual alrededor del punto de giro del ojo. El centro del diafragma de abertura se encuentra entonces sobre el rayo principal. Por consiguiente, para cada dirección visual, se obtiene una nueva posición del diafragma de abertura.
- 3) Se calcula el camino óptico de abertura, calculando desde un punto-objeto situado sobre el rayo principal, rayos con ángulos de abertura diferentes.
- 4) Se calcula el frente de ondas en la pupila de entrada a partir de estos rayos y de las longitudes del trayecto óptico.
- 5) Se representa el frente de ondas mediante funciones de Zernike.
- 6) Las aberraciones se pueden calcular ahora a partir de los coeficientes de la función de Zernike. De este modo se obtiene para cada dirección visual, entre otros el astigmatismo, el poder refringente, la coma y la aberración esférica.

La invención se describe a continuación, sin limitación de la idea general de la invención, tomando como base unos ejemplos de realización, con referencia a las figuras, a las que se remite para todos los detalles de la invención que no se explican detalladamente en el texto.

La figura 1 muestra la variación del poder refringente en función de la distancia r del vértice (no forma parte de la invención);

La figura 2 muestra el astigmatismo en función de la distancia r del vértice (no forma parte de la invención);

La figura 3 muestra la aberración esférica en función de la distancia r del vértice (no forma parte de la invención);

La figura 4 muestra la coma en función de la distancia r del vértice (no forma parte de la invención);

La figura 5 (tabla) muestra la altura de flecha en función de la distancia r del vértice (no forma parte de la invención);

Las figuras 6 a 8 muestran el poder refringente, el astigmatismo y las alturas de flecha de un cristal progresivo según la invención;

La figura 9 muestra la coma;

La figura 10 muestra la aberración cromática;

La figura 11 muestra la variación de la aberración esférica en función del diámetro de la pupila;

La figura 12 muestra la variación de la coma en función del diámetro de la pupila;

Las figuras 13 y 14 muestran el poder refringente y el astigmatismo de un cristal progresivo según el estado de la técnica;

Las figuras 15 y 16 muestran la coma y la aberración esférica de este cristal progresivo;

Las figuras 17 a 20 muestran otro ejemplo de realización según la invención.

En la figura 1, la línea de puntos y rayas orientada hacia abajo representa la curva en una bi-lente. La línea de puntos que discurre por encima representa la curva en una lente en forma de menisco. La línea de trazo continuo representa la curva en un cristal asférico según el estado de la técnica. Se puede apreciar que la lente en forma de menisco y los dos cristales asféricos tienen unas propiedades muy buenas y presentan un valor por lo menos hasta aprox. 20 mm inferior al prescrito. En cambio, la bi-lente tiene propiedades muy malas.

ES 2 341 710 T3

En la figura 2, la línea de puntos y rayas constituye la curva de una bi-lente. La línea de puntos representa la curva en una lente en forma de menisco. La línea de trazo continuo representa la curva en un cristal esférico según el ejemplo de referencia y la línea de trazos representa la curva en un cristal esférico según el estado de la técnica. Se puede apreciar que la lente en forma de menisco y el cristal esférico del ejemplo de referencia presentan muy buenas propiedades. El estado de la técnica presenta propiedades algo peores. La bi-lente en cambio presenta propiedades muy malas.

En la figura 3, la línea de puntos y trazos representa la curva en una bi-lente. La línea de puntos constituye la curva de una lente en forma de menisco, la línea de trazo continuo representa la curva en un cristal esférico según el ejemplo de referencia y la línea de trazos representa la curva en un cristal esférico según el estado de la técnica. En cuanto a las propiedades de la imagen de orden superior, el panorama es completamente diferente. La bi-lente presenta, según lo esperado, una aberración esférica muy reducida. El estado de la técnica, en cambio, presenta una aberración esférica muy elevada. El cristal esférico para gafa según el ejemplo de referencia presenta una aberración reducida del orden de la lente en forma de menisco.

En la figura 4, la línea de puntos y trazos representa la curva en una bi-lente. La línea de puntos constituye la curva de una lente en forma de menisco. La línea de trazo continuo representa la curva en un cristal esférico según el ejemplo de referencia y la línea de trazos representa la curva en un cristal esférico según el estado de la técnica. Como se puede apreciar, la bi-lente presenta también aquí una aberración muy reducida. El estado de la técnica, en cambio, presenta una aberración muy elevada. El cristal esférico para gafa según el ejemplo de referencia presenta una aberración reducida del orden de la lente en forma de menisco.

En las figuras 6 a 8, el cristal para gafa tiene los valores sph-1,0 Add 2,0 n = 1,596. En la figura 9, la coma se representa en coordenadas cartesianas para cada dirección visual. En un cristal para gafa según la invención, el valor máximo se encuentra en un rectángulo delimitado verticalmente por el punto de centraje (arriba) y el punto de referencia próximo (abajo) y horizontalmente por las rectas verticales que pasan por el punto de centraje y el punto de referencia remoto y por la otra parte, por la recta vertical que pasa por el punto de referencia próximo. Como en un cristal progresivo, la progresión induce la coma, lo que se pretendía aquí era construir un cristal progresivo en el que el valor máximo es aquel autoinducido por el aumento de poder refringente; por lo demás el valor debe ser en todas partes más pequeño. Por consiguiente, sólo se puede permitir la coma necesaria debido al efecto progresivo, pero por lo demás debe reducirse en todas partes.

Como se puede apreciar en la figura 15, esto precisamente no ocurre en el estado de la técnica, donde los valores máximos están fuera de la zona de progresión y son muy superiores a los de la invención. Con aproximadamente $x = 10$ e $y = -10$ se obtiene un valor máximo de 0,16, mientras que el valor máximo en el canal de progresión es de solo 0,13 y corresponde allí al de un cristal según la invención. Aquí también en las zonas exteriores, nasales y temporales, así como cerca de allí, los valores son muy superiores a los de la invención. Lo que se pretende por lo tanto con la invención es calcular cristales progresivos en los cuales la coma se puede reducir notablemente. Resulta particularmente ventajoso, como ya hemos indicado, que el valor máximo de la coma se encuentre en la zona de progresión, más exactamente en un rectángulo definido por el punto de centraje, el punto de referencia prismático y el punto de referencia próximo.

Como la coma, en la invención, es generada por la progresión (Adición) es conveniente que el cociente coma-adición sea limitado.

Adición	1	2	3
Coma máxima	0,08	0,14	0,18

La coma aumenta al incrementarse el diámetro de la pupila. No obstante, es preferible que esté limitada, particularmente en cristales progresivos con progresión corta.

En la figura 12 se presenta la variación de la coma en función del diámetro de la pupila. La línea de trazos con cruces representa la variación del valor máximo. La línea de trazo continuo con cuadrados representa la variación del punto de referencia remoto. La línea de puntos con triángulos representa la variación en el punto de referencia próximo. Se puede apreciar que el gradiente (del valor) en los puntos de referencia es mucho más reducido que en el valor máximo. En particular, la coma en los puntos de referencia es muy reducida y apenas aumenta al aumentar la abertura de la pupila.

En la figura 10 se representa la aberración esférica. También aquí, lo que se pretende es permitir únicamente la aberración esférica autoinducida por el cristal progresivo. Esto significa que tanto el valor máximo como el valor

ES 2 341 710 T3

mínimo se encuentran en la zona de progresión, es decir en el rectángulo descrito anteriormente. Se puede ver además en la figura 10 que la zona remota no presenta prácticamente ninguna aberración esférica. A lo largo de la línea visual principal se tiene en primer lugar (al comienzo de la zona de progresión), debido al aumento del poder refringente, una aberración esférica positiva y luego, una aberración negativa, al final de la zona de progresión.

En el estado de la técnica (figura 16), tanto el valor máximo como el valor mínimo se encuentran fuera de este rectángulo, es decir los valores mínimos, nasal y temporal en $Y = 0$ y los valores máximos en $Y = 8$. Estos valores son también superiores a los de la invención.

Como en la invención la aberración esférica es generada también solamente por la progresión, es conveniente que el cociente aberración esférica-adición sea limitado.

Adición	1	2	3
Aberración esférica mínima	-0,05	-0,13	-0,16
Aberración esférica máxima	0,06	0,11	0,12

La aberración esférica aumenta también al aumentar el diámetro de la pupila. No obstante, particularmente en los cristales progresivos con progresión corta, resulta preferible que este aumento sea limitado.

En la figura 11, se representa la variación de la aberración esférica en función del diámetro de la pupila. La línea de trazos con cruces representa la variación del valor máximo. La línea de puntos y trazos con cruces representa la variación del valor mínimo. La línea de trazo continuo con cuadrados representa la variación en el punto de referencia remoto y la línea de puntos con triángulos representa la variación en el punto de referencia próximo. Se puede ver que el gradiente (en valor) en los puntos de referencia es menor que en los valores máximos.

En las figuras 13 y 14 se representan el poder refringente y el astigmatismo (siempre en posición de uso) de un cristal progresivo según el estado de la técnica. El cristal para gafa presenta los valores sph -1,0 Ad 2,0 $n = 1,596$. Se trata aquí de Progressiv life 2 de Rodenstock.

En las figuras 15 y 16 se representan la coma y la aberración esférica de este cristal progresivo.

En las figuras 17 a 20 se presenta otro ejemplo de realización según la invención. Este cristal para gafa presenta también los valores sph -1,0 Ad 2,0 $n = 1,596$, pero aquí la longitud de progresión es notablemente más corta. Debido a ello aumentan, como es natural, el valor máximo de la coma y los valores máximo y mínimo de la aberración esférica. No obstante, aquí también se garantiza que los valores extremos estén en el canal de progresión y por consiguiente en el rectángulo descrito más arriba. Debido a ello no se introduce aquí ninguna aberración adicional.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la producción de un cristal progresivo para gafas, que comprende las siguientes etapas:

- Establecer previamente un punto de referencia remoto, un punto de referencia próximo y un punto de centraje,
- Determinar una primera línea recta horizontal, que pasa por el punto de centraje,
- Determinar una segunda línea recta horizontal, que pasa por el punto de referencia próximo,
- Determinar una primera línea recta vertical, que pasa por el punto de centraje y el punto de referencia remoto,
- Determinar una segunda línea recta vertical, que pasa por el punto de referencia próximo, y
- Calcular el cristal progresivo para gafa, de modo que el valor máximo de la coma se sitúe en un rectángulo, delimitado por la primera y la segunda línea recta horizontal y por la primera y la segunda línea vertical.

2. Proceso para la producción de un cristal progresivo para gafas según la reivindicación 1, en el que la etapa de cálculo del cristal progresivo para gafa se realiza de forma que el gradiente de la curva de la coma en el punto de referencia próximo y remoto, en función del diámetro de la pupila, sea inferior al gradiente de la curva de la coma máxima en función del diámetro de la pupila.

3. Proceso para la producción de un cristal progresivo para gafas, que comprende las siguientes etapas:

- Establecer previamente un punto de referencia remoto, un punto de referencia próximo y un punto de centraje,
- Determinar una primera línea recta horizontal, que pasa por el punto de centraje,
- Determinar una segunda línea recta horizontal, que pasa por el punto de referencia próximo,
- Determinar una primera línea recta vertical, que pasa por el punto de centraje y el punto de referencia remoto,
- Determinar una segunda línea recta vertical, que pasa por el punto de referencia próximo, y
- Calcular el cristal progresivo para gafa, de modo que el valor máximo y el valor mínimo de la aberración esférica se sitúen ambos en un rectángulo, delimitado por la primera y la segunda línea recta horizontal y por la primera y la segunda línea vertical.

4. Proceso para la producción de un cristal progresivo para gafas según las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa de cálculo del cristal para gafa se realiza de forma que la dependencia de la aberración esférica en función del diámetro de la pupila en el punto de referencia remoto y la dependencia de la aberración esférica en función del diámetro de la pupila en el punto de referencia próximo presente un gradiente, cuyo valor es inferior

- al valor del gradiente de la curva de la aberración esférica máxima en función del diámetro de la pupila, y
- al valor del gradiente de la curva de la aberración esférica mínima en función del diámetro de la pupila.

5. Proceso para la producción de un cristal progresivo para gafas según las reivindicaciones 1 a 4, con las siguientes etapas adicionales:

- Establecer previamente una dirección visual o un punto-objeto, o un punto sobre una superficie delantera o un punto sobre una superficie trasera del cristal para gafa,
- Establecer previamente la posición del punto de giro del ojo,
- Calcular el camino óptico calculando mediante un cálculo detallado del rayo,
- Calcular la posición del diafragma de abertura rotando la pupila de entrada del ojo según la dirección visual alrededor del punto de giro del ojo, de forma que el centro del diafragma de abertura se encuentre sobre el rayo principal,
- Cálculo del camino óptico de abertura donde, desde un punto-objeto situado sobre el rayo principal, se calculan rayos con ángulos de abertura diferentes,
- Cálculo del frente de ondas en la pupila de entrada a partir de estos rayos y de las longitudes del trayecto óptico,
- Representación del frente de ondas mediante funciones de Zernike,

ES 2 341 710 T3

- Cálculo de la aberración a partir de los coeficientes de la función de Zernike.

6. Proceso para la producción de un cristal para gafas según la reivindicación 5, donde en la etapa de Cálculo de la Aberración, se calculan las siguientes aberraciones a partir de los coeficientes de la función de Zernike:

5

- la desviación del poder refringente respecto del poder refringente teórico,

- la desviación del astigmatismo respecto del astigmatismo teórico,

10

- la aberración esférica y

- la coma.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

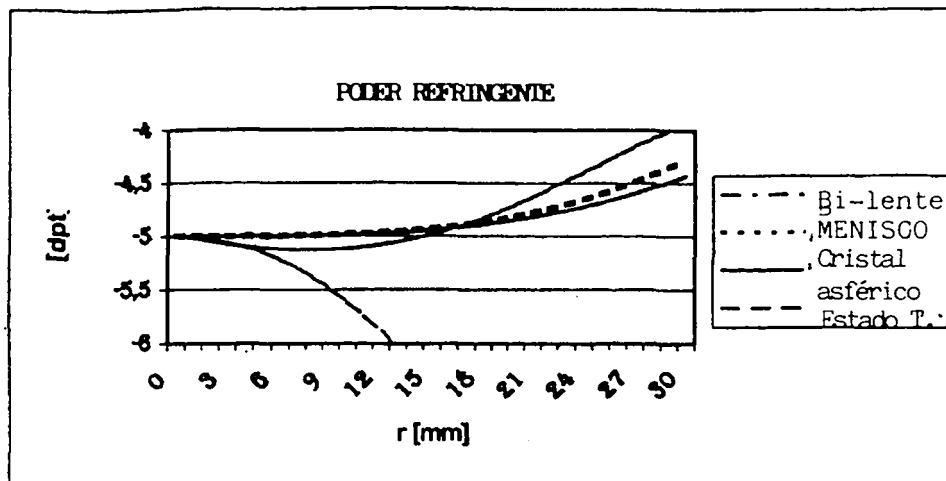


Figura 1

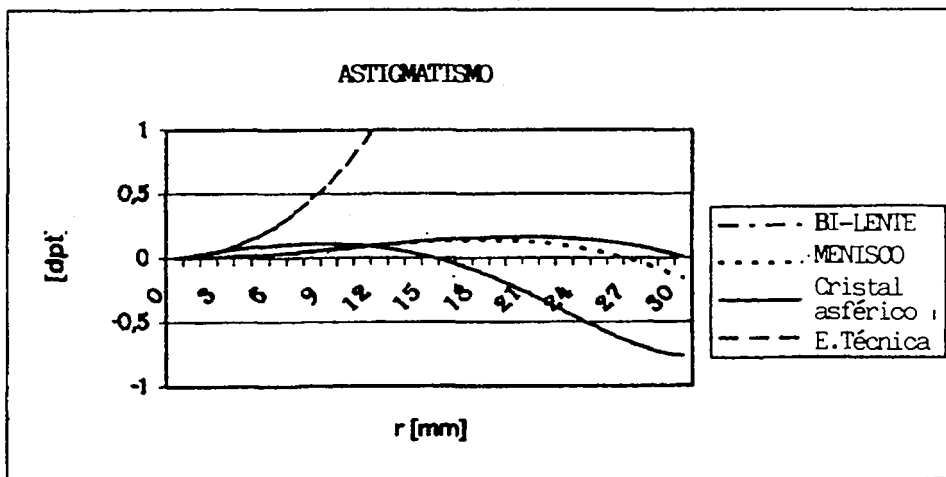


Figura 2

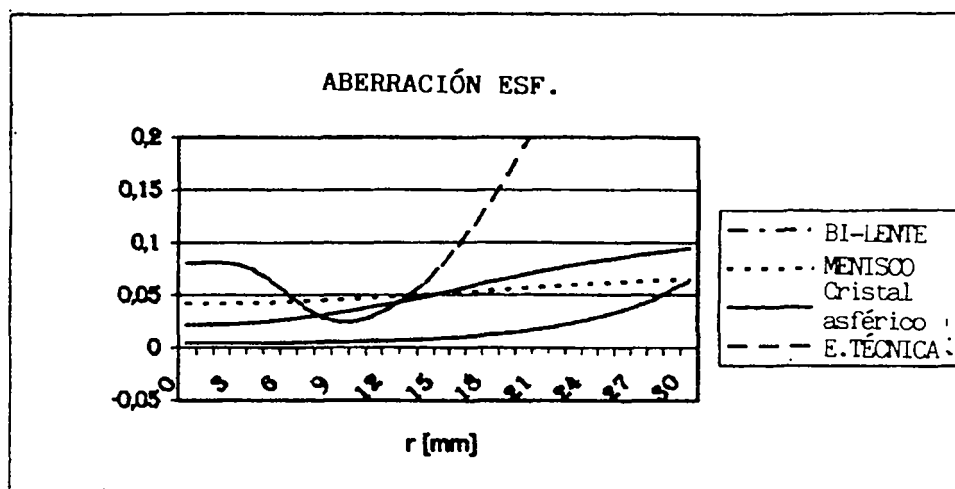


Figura 3

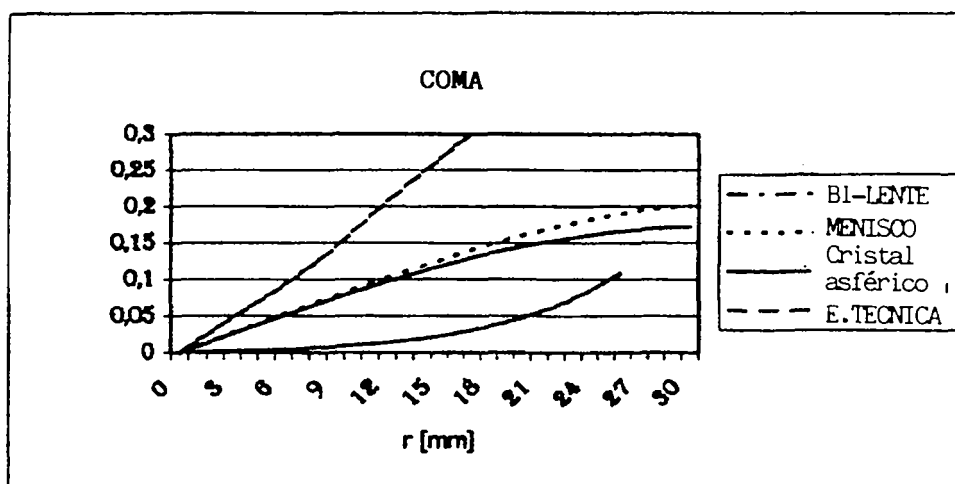


Figura 4

r [mm], z [mm]	
0.0000,	0.0000
1.0000,	0.0020
2.0000,	0.0079
3.0000,	0.0177
4.0000,	0.0314
5.0000,	0.0492
6.0000,	0.0709
7.0000,	0.0966
8.0000,	0.1263
9.0000,	0.1601
10.0000,	0.1980
11.0000,	0.2401
12.0000,	0.2863
13.0000,	0.3367
14.0000,	0.3914
15.0000,	0.4503
16.0000,	0.5136
17.0000,	0.5813
18.0000,	0.6533
19.0000,	0.7299
20.0000,	0.8109
21.0000,	0.8965
22.0000,	0.9867
23.0000,	1.0814
24.0000,	1.1808
25.0000,	1.2849
26.0000,	1.3937
27.0000,	1.5072
28.0000,	1.6255
29.0000,	1.7485
30.0000,	1.8764

Figura 5

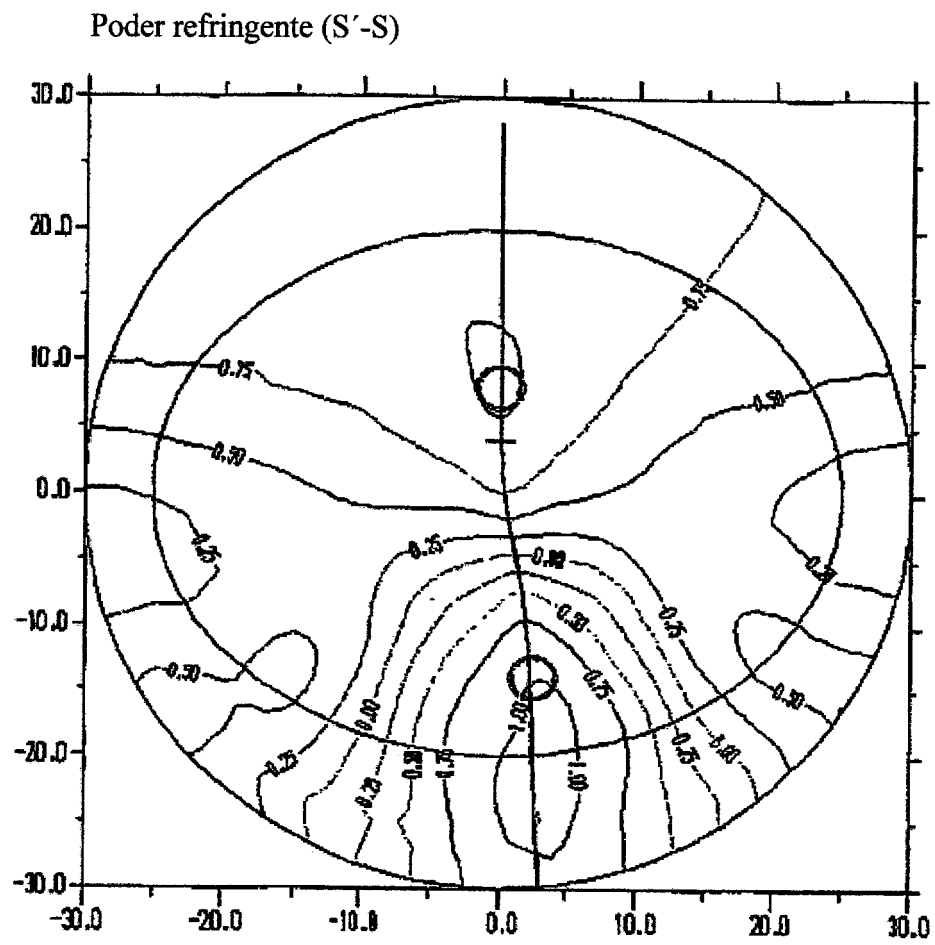


Figura 6

Astigmatismo Cristal de gafas

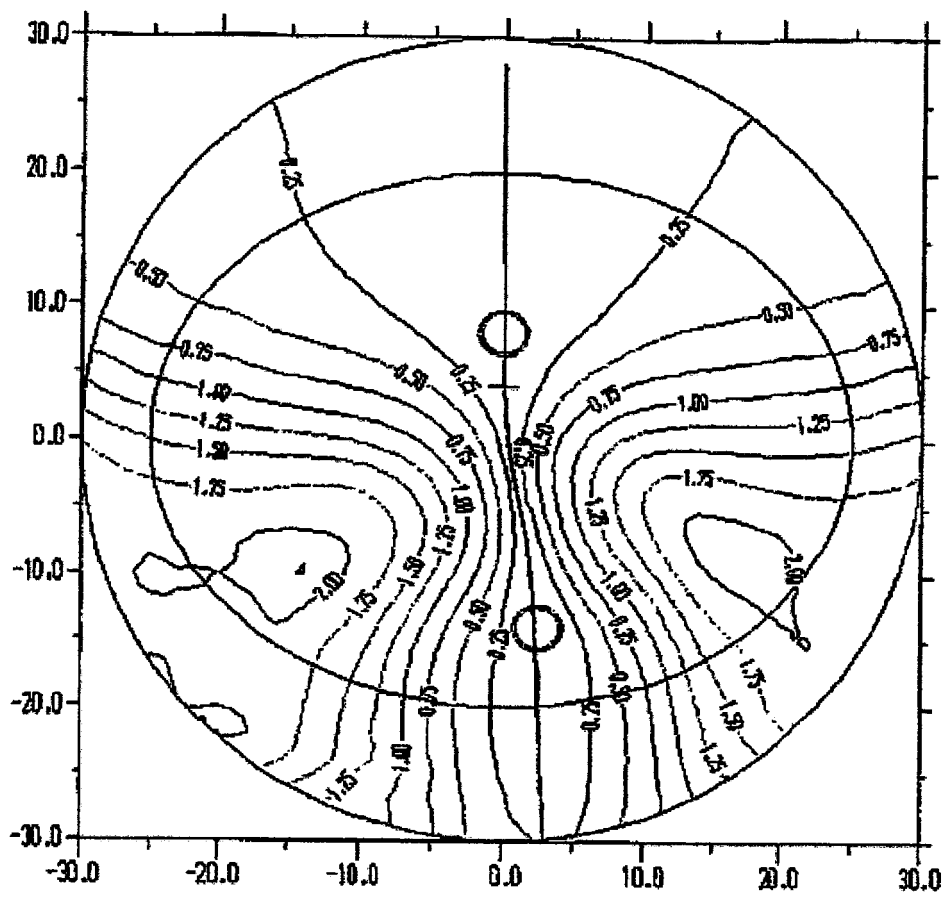


Figura 7

Altura de flechas

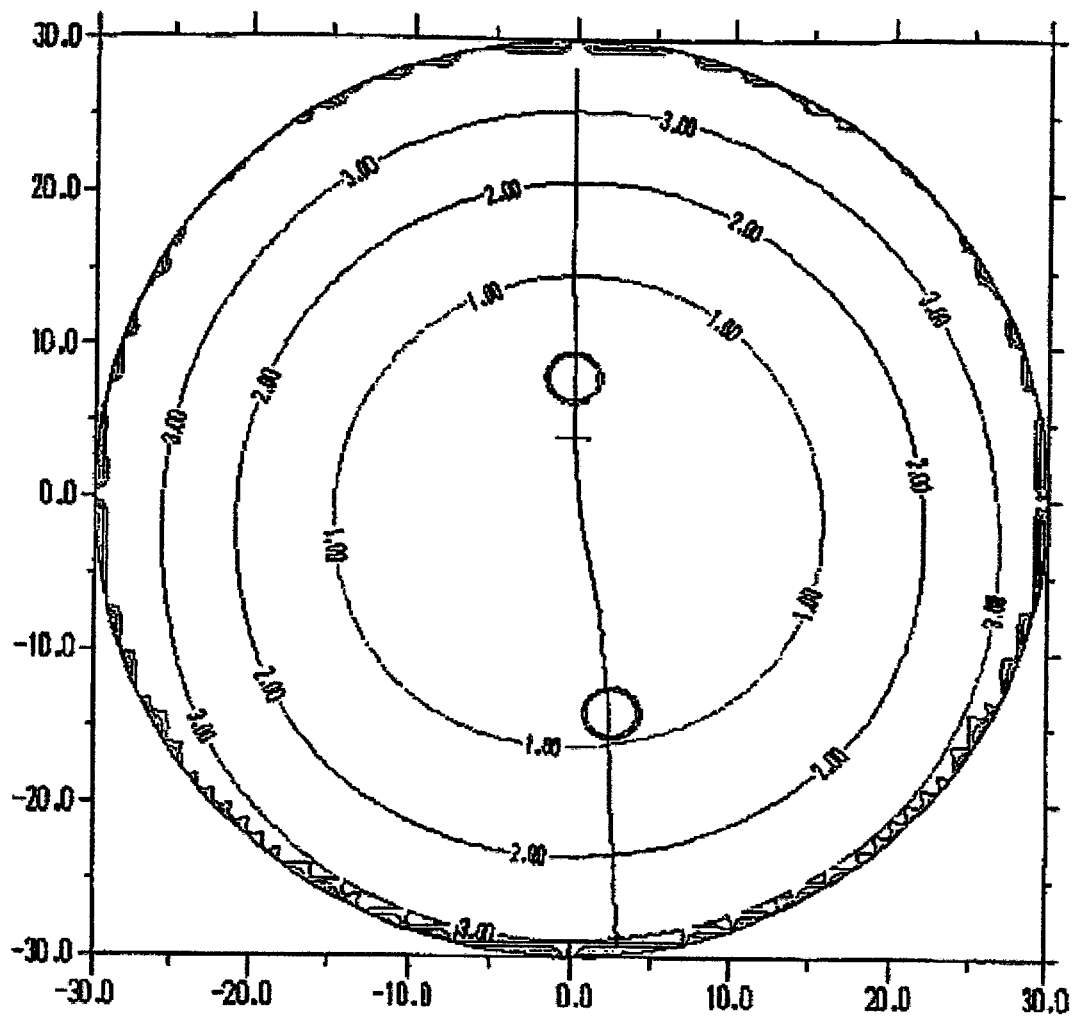


Figura 8

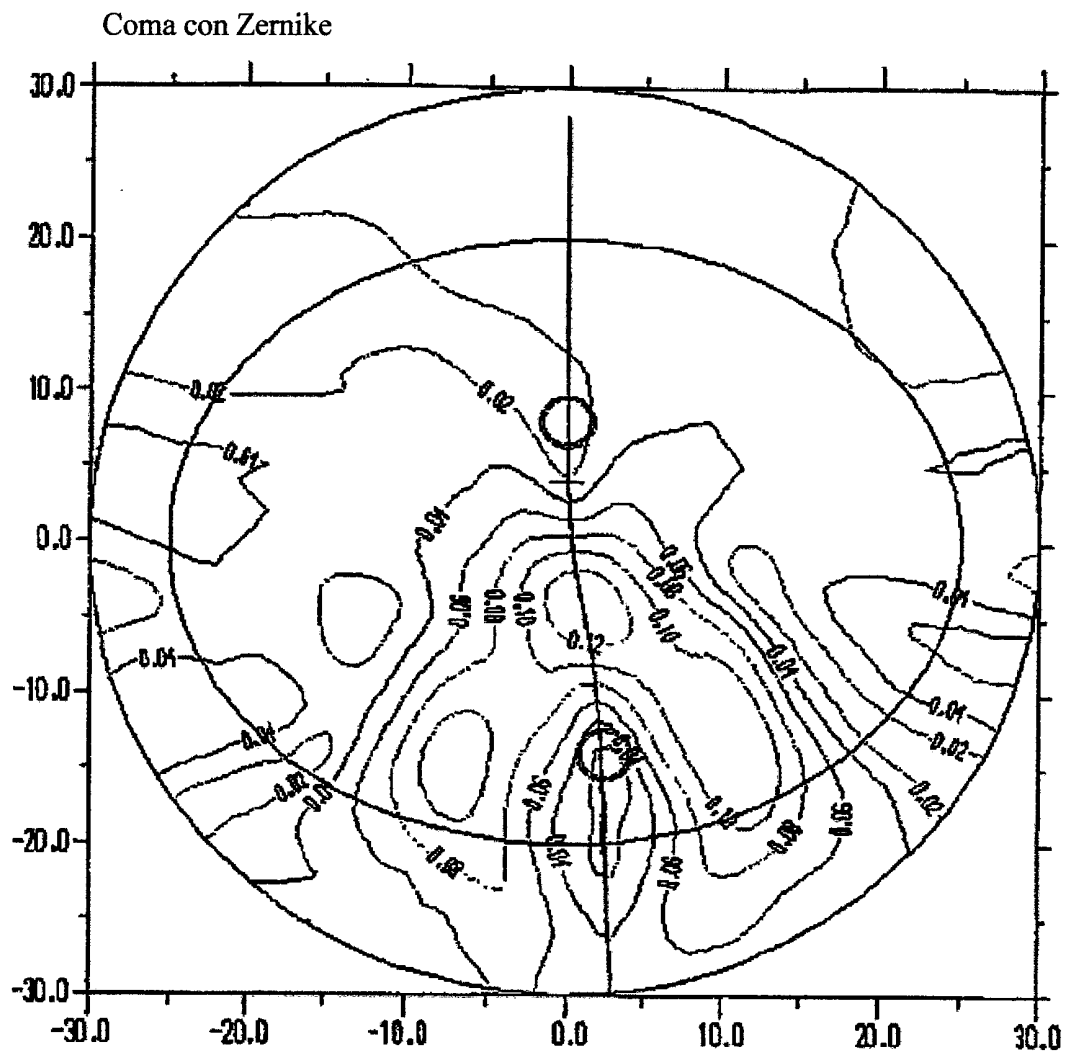
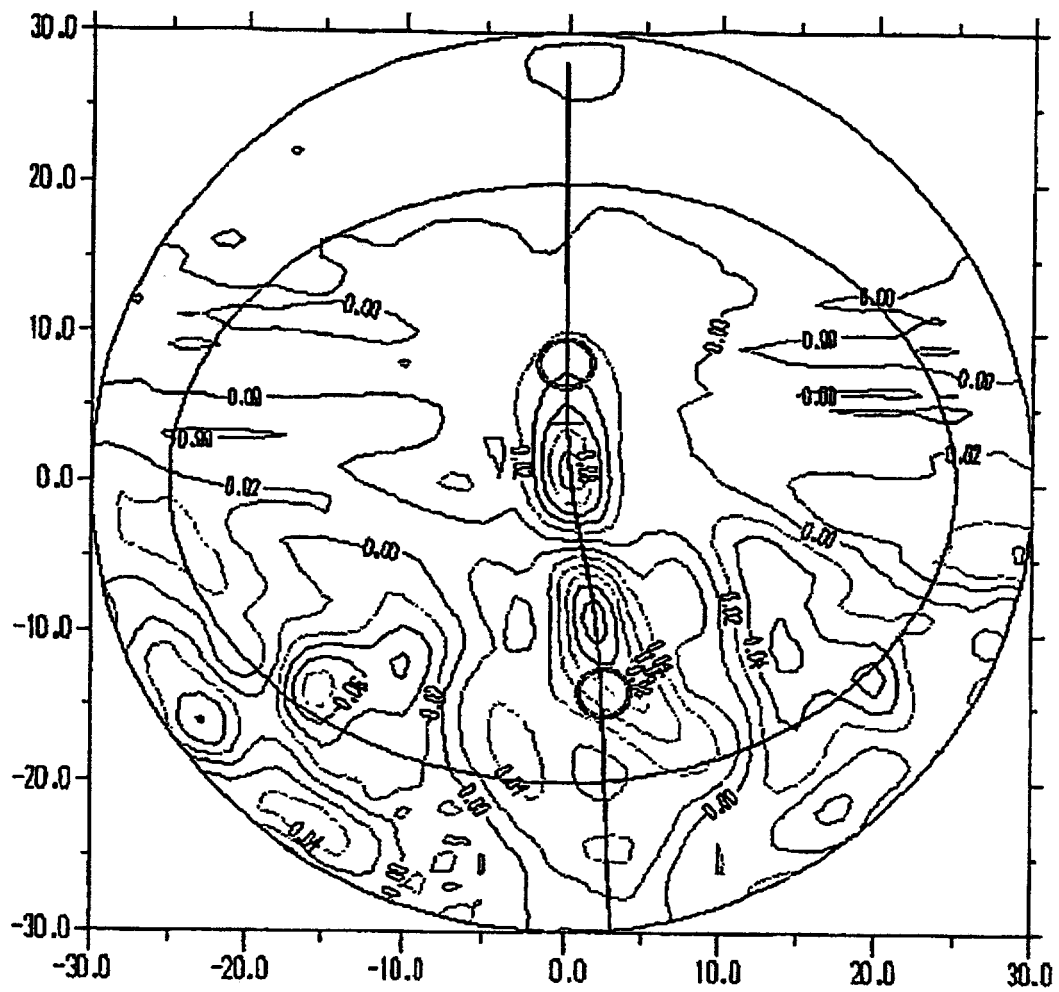


Figura 9

Esf. Aberración con Zernike



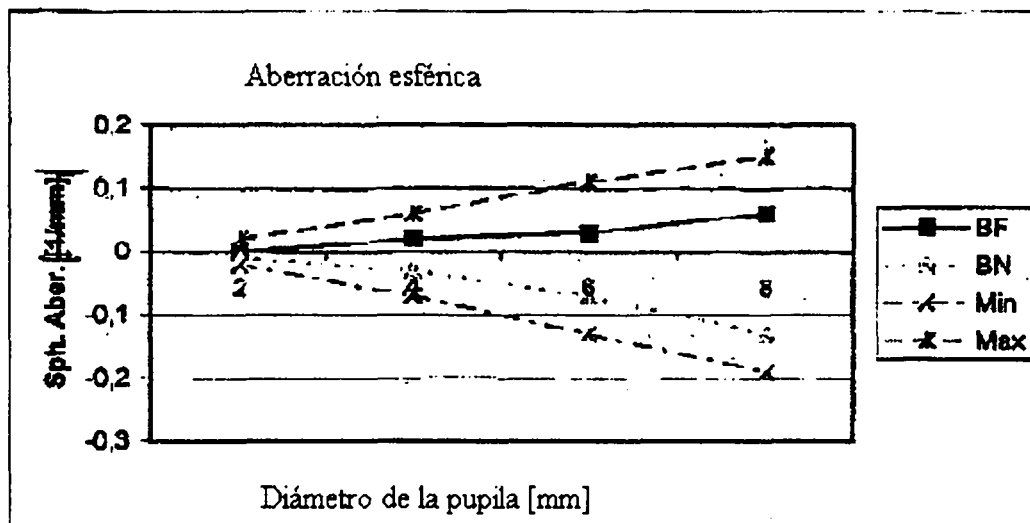


Figura 11

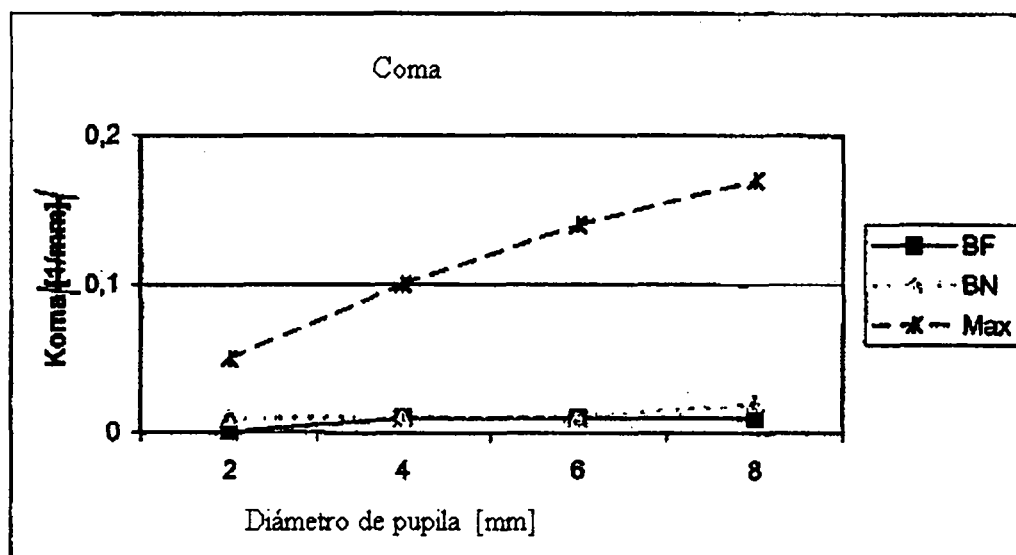


Figura 12

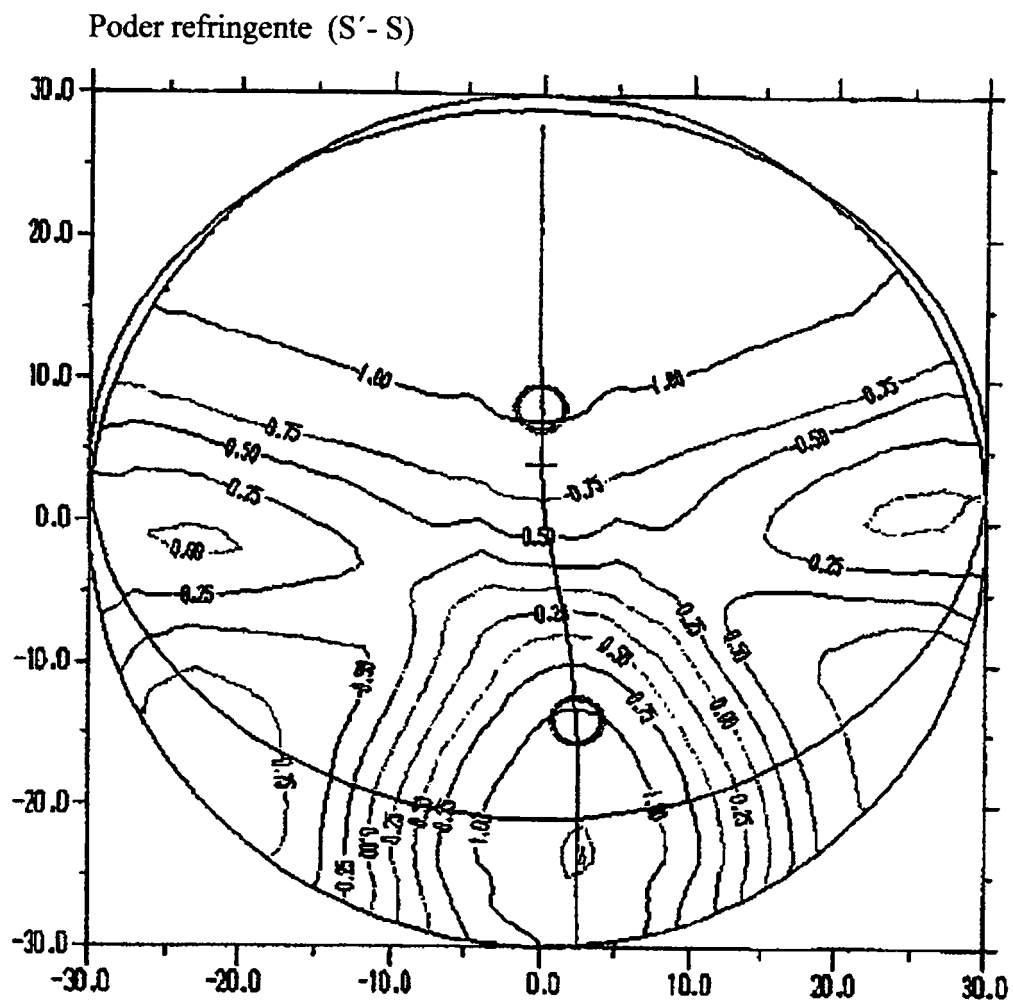


Figura 13

Astigmatismo Cristal de Gafas

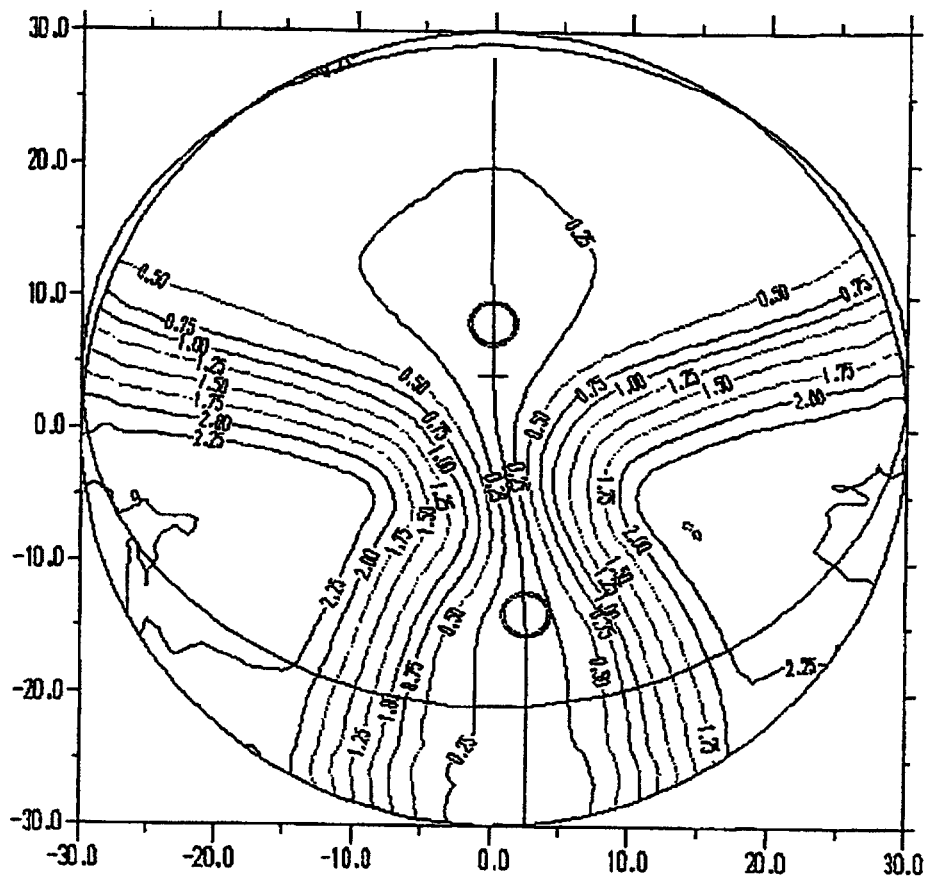


Figura 14

Coma con Zernike

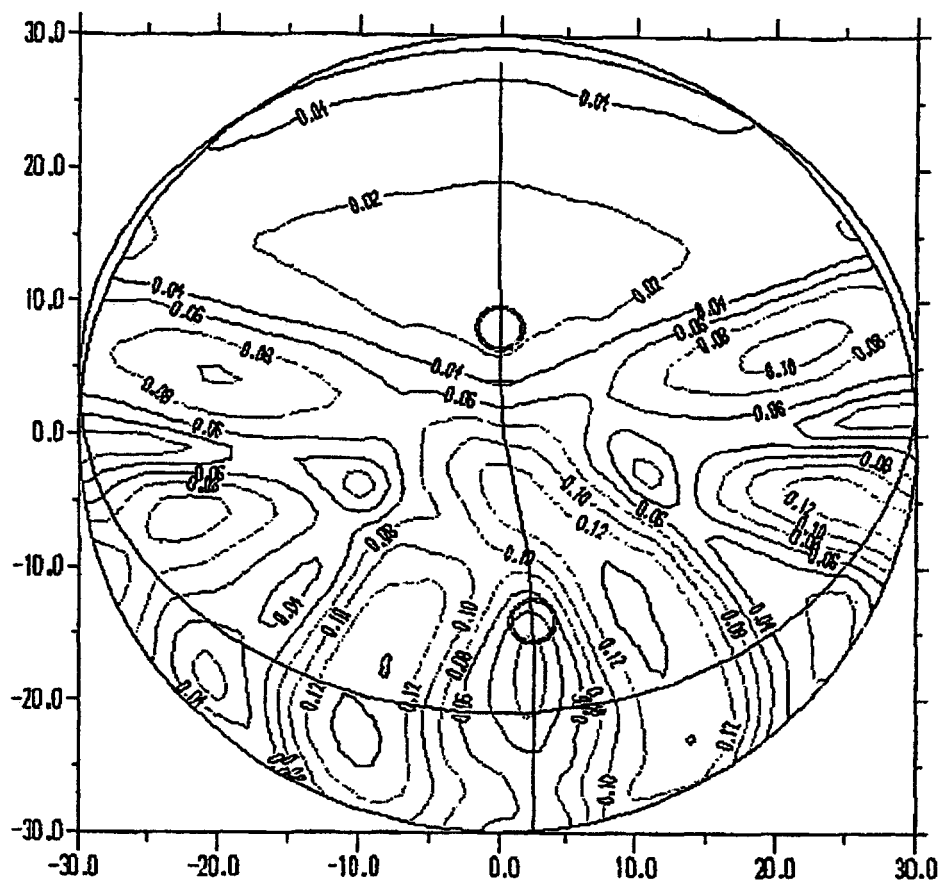
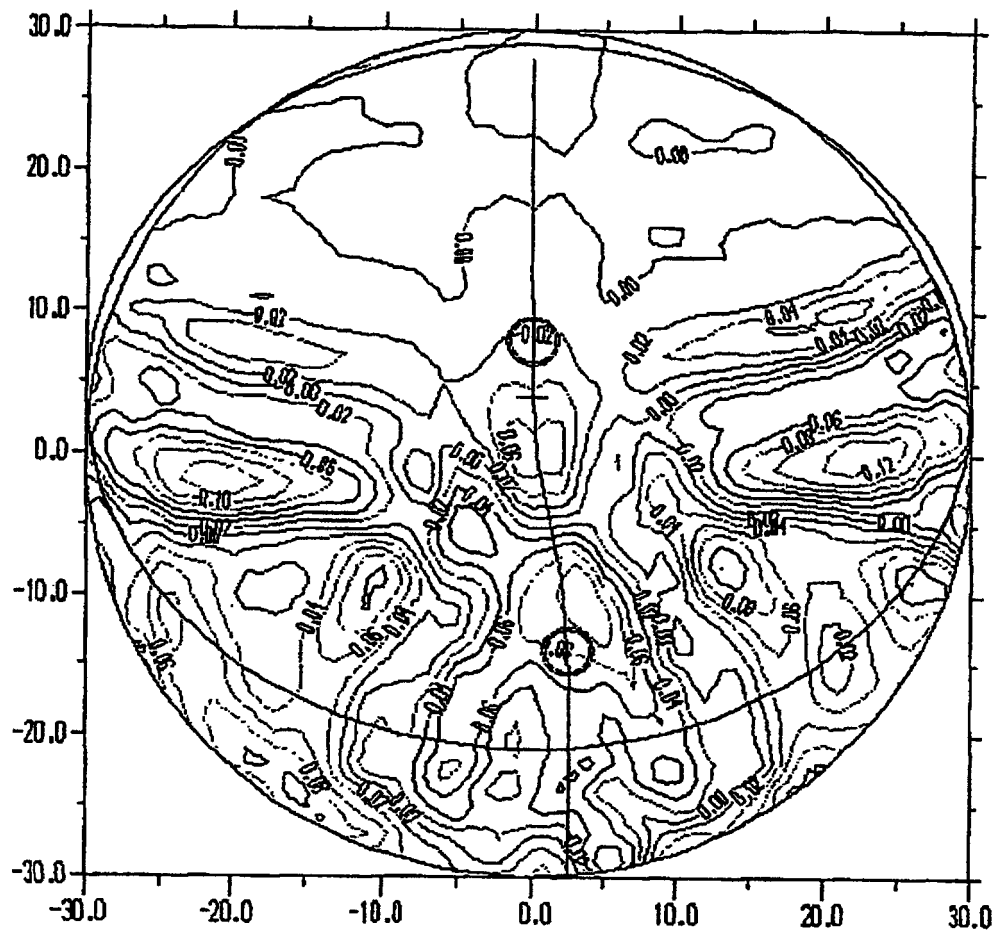


Figura 15

Esf. Aberración con Zernike

**Figura 16**

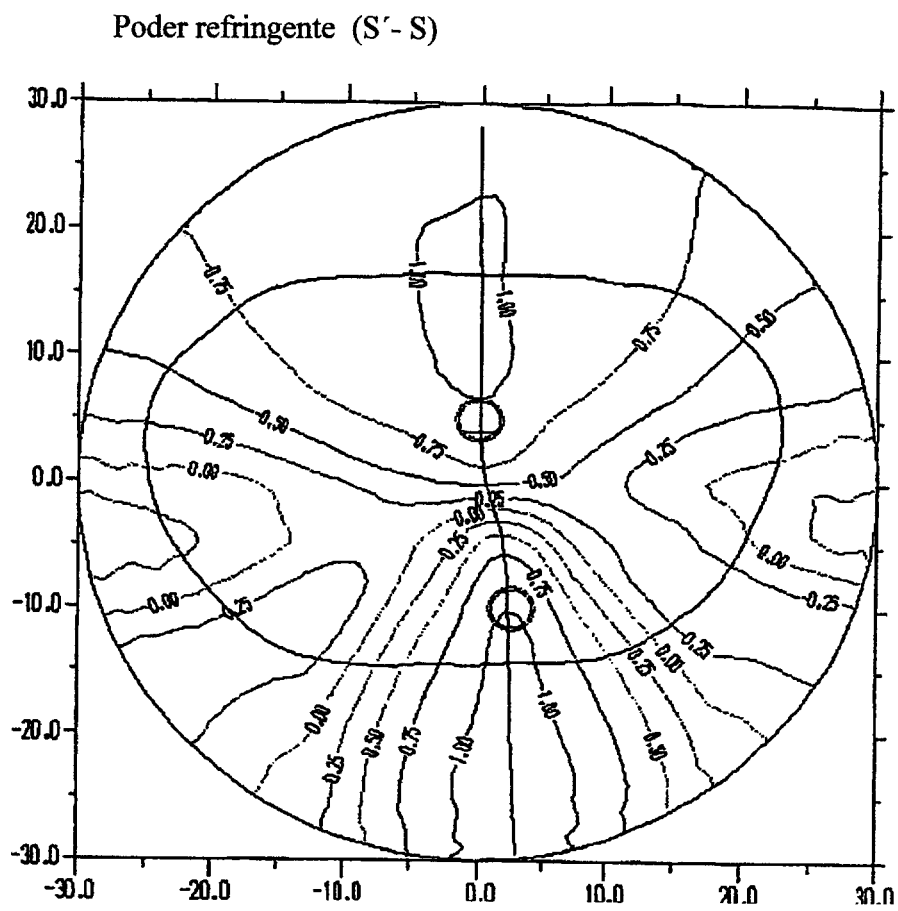


Figura 17

Astigmatismo Cristal de gafas

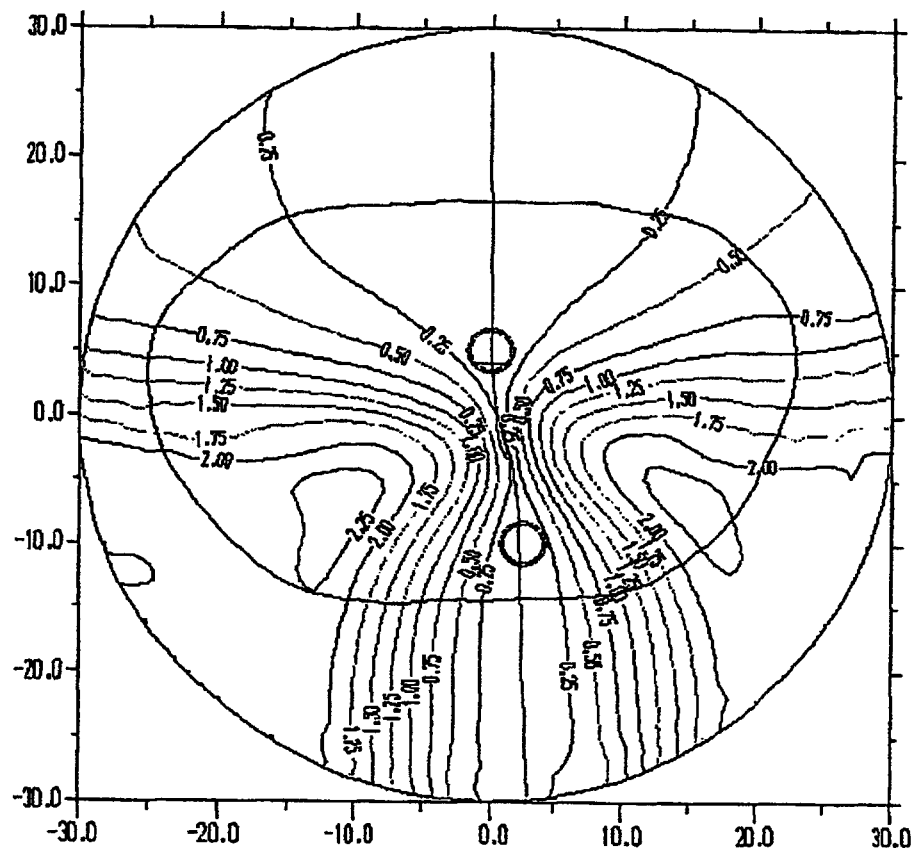


Figura 18

Coma con Zernike

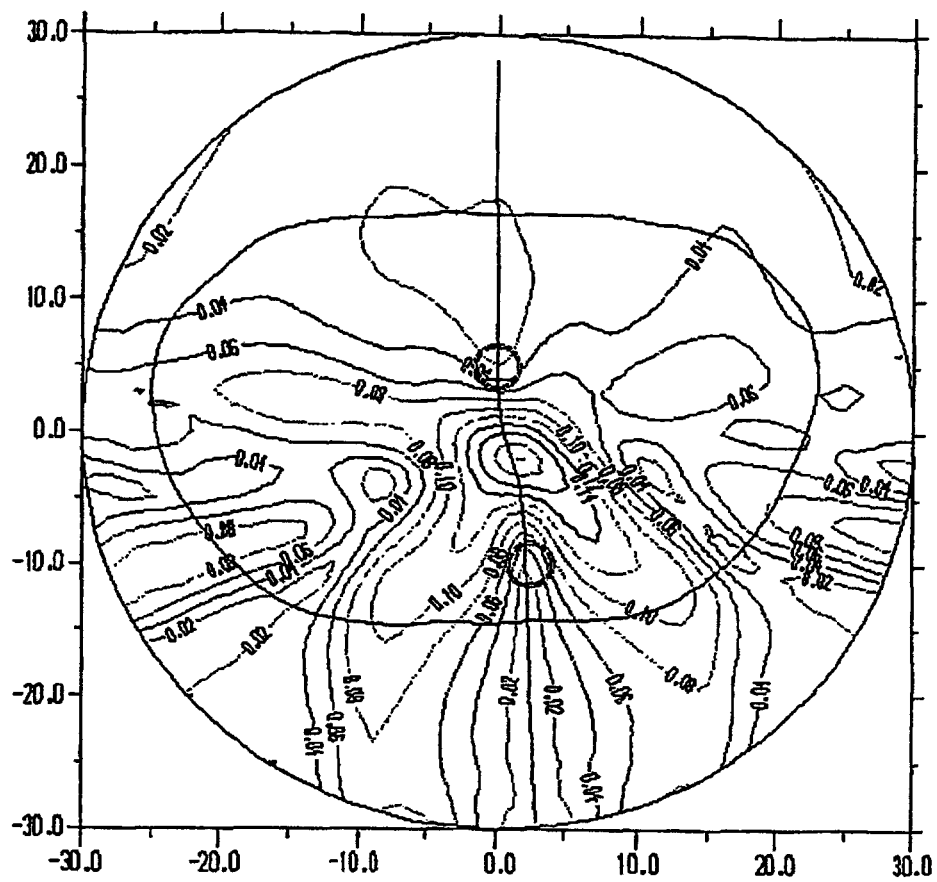


Figura 19

Esf. Aberración con Zernike

