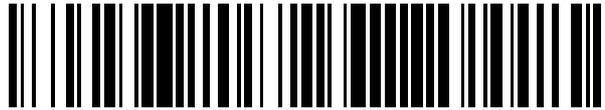


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 577**

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: **21.04.2011 E 11719179 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2016 EP 2564262**

54 Título: **Método para calcular un cristal para gafa utilizando los datos de prescripción dependientes del ángulo de visión**

30 Prioridad:

26.01.2011 DE 102011009473

28.04.2010 DE 102010018503

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

29.04.2016

73 Titular/es:

RODENSTOCK GMBH (100.0%)

Eisenheimerstrasse 33

80687 München, DE

72 Inventor/es:

ESSER, GREGOR;

ALTHEIMER, HELMUT;

BECKEN, WOLFGANG;

WELK, ANDREA y

UTTENWEILER, DIETMAR

74 Agente/Representante:

AYMAT ESCALADA, Carlos Jesús

ES 2 568 577 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

La invención se refiere a un método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa, un método de fabricación correspondiente así como unos dispositivos, soportes de datos y productos de programas informáticos.

5 En la patente DE 103 13 275 A1 se describe un método para el cálculo de un cristal individual para gafa. La optimización o cálculo del cristal individual para gafa se realiza minimizando una función de rendimiento de la forma:

$$\min \sum_i g a_i (A_{ist} - A_{soll})_i^2 + g b_i (B_{ist} - B_{soll})_i^2 \dots,$$

10 donde A y B representan las propiedades del cristal para gafa a optimizar, como por ejemplo el astigmatismo, distancia focal/poder refringente, distorsión, desequilibrios binoculares, gradientes de astigmatismo y poder refringente, distorsiones, etc., y $g a_i$ y $g b_i$ ponderaciones de la propiedad correspondiente. En DE 103 13 275 se reconoce que resulta ventajoso indicar las especificaciones teóricas no como valores absolutos sino como desviación respecto de la prescripción o como defecto permitido. Esto tiene la ventaja de que las especificaciones teóricas son independientes de la prescripción (Sph_v , Zyl_v , $Achse_v$, Pr_v , B_v) y las especificaciones teóricas no se tienen que modificar para cada prescripción individual.

15 En EP 0 677 177 se describe un cristal para gafa así como un método de optimización correspondiente, donde el astigmatismo total del cristal para gafa, resultante teniendo en cuenta el astigmatismo de haz oblicuo es casi constante a lo largo de la línea principal o es variable, según los requisitos fisiológicos, tanto respecto del valor (Betrag) como de la posición del eje. En particular se puede tener en cuenta una modificación de la posición del eje de un ojo astigmático al inclinar la mirada, según la regla de Listing.

20 Se sabe además (véase por ejemplo el manual M. Krause, "Métodos de determinación de la refracción", 1985, página 158 a 161), por motivos fisiológicos diferentes, el astigmatismo individual medido de cerca difiere del astigmatismo individual medido al mirar de lejos. También se debe tener en cuenta esta diferencia configurando de modo adecuado el cristal para gafa. La solicitud europea de patente EP 1 660 928 y la patente US paralela 7.249.850 describen un método para la optimización de un cristal para gafa en el que se tienen en cuenta los defectos astigmáticos diferentes de lejos y de cerca.

25 Lo que se pretende con la presente invención es ofrecer un método mejorado para calcular u optimizar un cristal para gafa, de preferencia un cristal progresivo para gafa, donde el cristal se adapte mejor a las necesidades individuales del usuario. En particular, lo que se pretende con la invención es ofrecer un método mejorado para calcular y optimizar un cristal progresivo para gafa cuando se dispone datos de refracción (datos de prescripción) para lejos y datos de refracción (datos de prescripción) para cerca.

30 Según un primer aspecto de la invención esto se resuelve con un método informático para el cálculo u optimización de un cristal para gafa con las características indicadas en la reivindicación 1, un dispositivo para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa con las características indicadas en la reivindicación 10, un producto de programa informático con las características indicadas en la reivindicación 11, un soporte de datos con las características indicadas en la reivindicación 12, un método para la fabricación de un cristal para gafa con las características en la reivindicación 13, así como un dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa con las características indicadas en la reivindicación 14. Las formas de realización preferidas constituyen el objeto de las sub-reivindicaciones.

35 Según un primer aspecto de la invención se presenta un método informático para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa, método que comprende las siguientes etapas:

Obtención de datos de prescripción y/o de refracción V_{A11} y V_{A12} de un usuario para por lo menos dos distancias al objeto diferentes $A1_1$ y $A1_2$ ($A1_1 \neq A1_2$);

40 Especificación de un modelo de distancia al objeto $A1$ (x, y), donde $A1$ designa la distancia al objeto y (x, y) una zona y/o un punto de recorrido de la vista del cristal para gafa en una dirección especificada o por especificar;

Especificación de un modelo que indica la dependencia de la restricción respecto de la distancia al objeto $A1$;

Obtención de la prescripción en las zonas de recorrido de la vista (x, y) sobre la base del modelo de distancia al objeto $A1$ (x, y) y los datos obtenidos de la prescripción y la refracción V_{A11} y V_{A12} ;

45 Cálculo u optimización por lo menos de una superficie de cristal para gafa teniendo en cuenta la prescripción obtenida en las zonas de recorrido de la vista (x, y).

Aquí $V_{A11} = V_1$ designan los datos de prescripción o de refracción para la primera distancia al objeto $A1_1$ y $V_{A12} = V_2$ los datos de prescripción y/o de refracción para la segunda distancia al objeto $A1_2$.

La segunda superficie del cristal para gafa puede ser una superficie especificada o por especificar, por ejemplo una simple superficie esférica o asférica de simetría de rotación. También es posible, como es natural, que optimizar las dos superficies del cristal para gafa teniendo en cuenta la prescripción obtenida que depende de la dirección de la mirada y/o del ángulo de la misma.

5 Cuando determina la refracción, el ECP ("Eye Care Practitioner", es decir óptico, optometrista o/u oftalmólogo) determina valores dióptricos (esfera y/o efecto esférico (*Sph*), cilindro y/o valor del astigmatismo/del cilindro (*Zyl*), eje del cilindro y/o eje de astigmatismo (*Achse* o *A*) para una distancia lejana por lo general infinita. En los cristales progresivos para gafas se determina además una adición (*Add*) para una segunda distancia cercana (por ejemplo según DIN 58208). De este modo se determinan los valores de prescripción $V(Sph, Zyl, A, Add) = (Sph_v, Zyl_v, Achse_v, Add_v)$ que se transmiten al fabricante del cristal para gafa. Eventualmente se puede determinar además una prescripción prismática (Pr_v, B_v) por parte del ECP, que se transmite al fabricante de la gafa.

En los cristales individuales para gafa modernos (por ejemplo Rodenstock "Impression FreeSign") el ECP puede indicar además de los valores de prescripción también distancias del objeto que difieren de la norma, que se utilizan para determinar la refracción, los cuales se transmiten al fabricante de la gafa.

15 El fabricante de la gafa calcula u optimiza el cristal para gafa teniendo en cuenta los valores de prescripción obtenidos. Por lo general el cristal para gafa se calcula u optimiza de forma que, en los puntos de referencia (punto de referencia de lejos y/o de cerca) del cristal para gafa se alcancen los valores de prescripción obtenidos $Sph_v, Zyl_v, Achse_v, Add_v$. Se especifican entonces la prescripción o los valores de prescripción en el proceso de optimización como valor fijo (o valores fijos).

20 Además de la prescripción para lejos y de eventualmente de la adición en cristales progresivos para gafas puede resultar ventajoso tener en cuenta la prescripción y/o el efecto dióptrico necesario para corregir una ametropía del usuario para más de una distancia del objeto, de preferencia para una distancia a lo lejos (por ejemplo infinita) y una distancia para cerca. Así por ejemplo puede variar el efecto astigmático necesario para fines de corrección (Cilindro, Eje) en función del ángulo visual. La causa de ello puede ser por ejemplo una deformación de la lente, de todo el ojo o una modificación del diámetro de la pupila en la acomodación.

Según un aspecto de la invención, se propone, en el proceso de optimización, especificar la prescripción no como un valor fijo sino como un modelo de la distancia al objeto A_1 . El modelo puede ser un modelo matemático, por ejemplo en forma de función, que describe la dependencia de la prescripción respecto de la distancia al objeto. Esto permite una integración de datos de prescripción que dependen del ángulo o de la dirección de la mirada en el proceso de optimización de forma sencilla y eficiente y da como resultado características de la imagen mejoradas de un cristal para gafa así calculado, en particular de un cristal progresivo para gafa individual.

30 De preferencia la distancia al objeto se especifica como inversa de la distancia al objeto o de la distancia del objeto a la superficie delantera del cristal para gafa en una dirección determinada de la mirada (medido en dpt). El sistema de coordenadas en el que se especifican los modelos y se realiza el cálculo puede ser un sistema de coordenadas de la superficie delantera, la superficie trasera o cualquier otro sistema de coordenadas adecuado. El sistema de coordenadas puede ser por ejemplo un sistema de coordenadas en la superficie del cristal para gafa del lado del ojo o del objeto, que se va a optimizar donde el origen del sistema de coordenadas por ejemplo coincide con el centro geométrico del cristal para gafa o con el punto de centrado o de ajuste del cristal para gafa. El eje vertical ("y") y el eje horizontal ("x") se encuentran en el plano tangencial a la superficie del cristal para gafa, del lado del objeto o del ojo en el centro geométrico y/o punto de centrado o ajuste. El sentido vertical se refiere de preferencia al sentido vertical en posición de uso del cristal para gafa, donde el cristal para gafa está dispuesto por ejemplo en posición de uso media (como se define por ejemplo en DIN 58 208 parte 2) o en una posición de uso individual. De preferencia el cristal para gafa está dispuesto en una posición de uso individual. Como es natural, es posible indicar todos los modelos en otro sistema de coordenadas adecuado y realizar seguidamente todos los cálculos en el sistema de coordenadas elegido.

45 El modelo de distancia al objeto se puede especificar mediante una función adecuada $A_1(x, y)$ que describe la distancia al objeto correspondiente a un punto de recorrido de la vista (x, y) . En DIN 58 208 parte 2 (véase figura 6) se indica por ejemplo un modelo de distancia al objeto estandarizado. El modelo de distancia al objeto puede diferir sin embargo de este modelo de distancia al objeto estandarizado. A continuación se describen detalladamente unos modelos de distancia al objeto adecuados.

55 La prescripción se puede describir mediante una tupla con los efectos dióptricos necesarios para los fines de corrección (defecto esférico, astigmático y/o prismático). También es posible describir matemáticamente la prescripción mediante un vector cuyos componentes corresponden a los componentes de la prescripción (esfera, cilindro, eje, etc.) o son funciones especificadas de los componentes individuales de prescripción. Los valores de prescripción o, dicho de otro modo, la magnitud del efecto esférico, astigmático y/o prismático necesario se pueden calcular mediante métodos subjetivos (por ejemplo mediante un ECP) o métodos objetivos (por ejemplo mediante un aberrómetro) de determinación de la refracción.

Los datos de prescripción pueden ser datos relativos al efecto esférico necesario Sph_V , cilindro Zyl_V , eje $Achse_V$, prisma Pr_V , y/o base de prisma B_V para por lo menos dos distancias diferentes al objeto A_{11} y A_{12} ($A_{11} \neq A_{12}$).

5 En particular, los datos de prescripción comprenden datos relativos al efecto esférico necesario Sph_V , al valor del astigmatismo necesario o del cilindro, Zyl_V , y del eje del cilindro y/o de astigmatismo necesario o eje $Achse_V$, para por lo menos dos distancias diferentes al objeto A_{11} y A_{12} ($A_{11} \neq A_{12}$). De este modo es posible tener en cuenta una deformación de la lente del ojo o de todo el ojo y/o una modificación del diámetro de la pupila en la acomodación al calcular u optimizar el cristal para gafa.

También es posible tener en cuenta además o de forma alternativa, un efecto prismático (prisma, base) para por lo menos dos distancias diferentes al objeto A_{11} y A_{12} .

10 Según un ejemplo de realización preferido la prescripción se describe mediante

un vector $\mathbf{P}_{Ref} = \begin{pmatrix} M^{Ref} \\ J^{Ref}_0 \\ J^{Ref}_{45} \end{pmatrix}$ (en lo que sigue vector de potencia de la prescripción),
 15 donde:

$$M^{Ref} = Sph_V + \frac{Zyl_V}{2}$$

$$J^{Ref}_0 = -\frac{Zyl_V}{2} \cos 2Achse_V$$

$$J^{Ref}_{45} = -\frac{Zyl_V}{2} \sin 2Achse_V$$

20 Aquí se tiene para cada distancia al objeto A_{11} o A_{12} para los componentes del vector potencia de la prescripción:

25 $\mathbf{P}_{Ref}(A_{11}) = \begin{pmatrix} M^{Ref}(A_{11}) \\ J^{Ref}_0(A_{11}) \\ J^{Ref}_{45}(A_{11}) \end{pmatrix}$, $M^{Ref}(A_{11}) = Sph_V(A_{11}) + \frac{Zyl_V(A_{11})}{2}$,
 $J^{Ref}_0(A_{11}) = -\frac{Zyl_V(A_{11})}{2} \cos 2Achse_V(A_{11})$,
 $J^{Ref}_{45}(A_{11}) = -\frac{Zyl_V(A_{11})}{2} \sin 2Achse_V(A_{11})$

y

30 $\mathbf{P}_{Ref}(A_{12}) = \begin{pmatrix} M^{Ref}(A_{12}) \\ J^{Ref}_0(A_{12}) \\ J^{Ref}_{45}(A_{12}) \end{pmatrix}$, $M^{Ref}(A_{12}) = Sph_V(A_{12}) + \frac{Zyl_V(A_{12})}{2}$,
 $J^{Ref}_0(A_{12}) = -\frac{Zyl_V(A_{12})}{2} \cos 2Achse_V(A_{12})$.
 35 $J^{Ref}_{45}(A_{12}) = -\frac{Zyl_V(A_{12})}{2} \sin 2Achse_V(A_{12})$

En las fórmulas anteriores $V_{A_{11}} = (Sph_V(A_{11}), Zyl_V(A_{11}), Achse_V(A_{11}))$ designa los datos de prescripción/datos de refracción obtenidos para la primera distancia al objeto; y A_{11} ; y $V_{A_{12}} = (Sph_V(A_{12}), Zyl_V(A_{12}), Achse_V(A_{12}))$ designa los datos de prescripción/datos de refracción obtenidos para la segunda distancia al objeto A_{12} .

La especificación de un modelo que especifica la dependencia de la prescripción respecto de la distancia al objeto A1 comprende entonces la especificación de una función $P_{Ref} = f(A1)$, que describe la dependencia del factor Poder P_{Ref} y/o de los componentes del factor Poder respecto de la distancia al objeto A1. El cálculo de la prescripción en las zonas de recorrido de la vista (x, y) comprende un cálculo del vector $P_{Ref}(x, y)$ y/o de los componentes del vector Poder P_{Ref} de la prescripción en virtud del modelo de distancia al objeto A1 (x, y) y de los datos de prescripción obtenidos V_{A11} y V_{A12} .

Con la ayuda del vector P_{Ref} es posible sumar vectorialmente de forma sencilla (por ejemplo según el método Kreuz-Zylinder) los valores de prescripción y los valores del cristal para gafa. También es posible ampliar el vector P_{Ref} al prisma P_{rV} y la base del prisma B_V :

$$\mathbf{P}_{Ref} = \begin{pmatrix} M^{Ref} \\ J^{Ref}_0 \\ J^{Ref}_{45} \\ P^{Ref}_0 \\ P^{Ref}_{90} \end{pmatrix} \quad \text{mit } \begin{aligned} M^{Ref} &= Sph_V + \frac{Zyl_V}{2} \\ J^{Ref}_0 &= -\frac{Zyl_V}{2} \cos 2Achse_V \\ J^{Ref}_{45} &= -\frac{Zyl_V}{2} \sin 2Achse_V \\ P^{Ref}_0 &= Pr_V \cos B_V \\ P^{Ref}_{90} &= Pr_V \sin B_V \end{aligned}$$

Otra de las ventajas es que se tienen mejor en cuenta las propiedades fisiológicas del ojo y en particular del ojo astigmático cuando mira a distancias del objeto diferentes. Esto se aplica particularmente en el caso de que la posición axial del astigmatismo de la prescripción varía con la distancia al objeto o la dirección de la mirada.

El modelo para la dependencia de la prescripción respecto de la distancia al objeto y para la dependencia del vector Potencia de la prescripción respecto de la distancia al objeto puede ser un modelo lineal o un modelo no lineal. Por ejemplo el vector Potencia P_{Ref} de la prescripción o sus componentes pueden ser una función cuadrática de la distancia al objeto A1

$$\mathbf{P}_{Ref}(x, y) = f(Al(x, y)) = a + b * Al(x, y)^2,$$

o una función lineal de la distancia al objeto A1

$$\mathbf{P}_{Ref}(x, y) = f(Al(x, y)) = a + b * Al(x, y),$$

donde a y b son constantes que se calculan en función de los datos obtenidos de la prescripción $Sph_V, Zyl_V, Achse_V$ para por lo menos dos distancias al objeto diferentes Al_1 y Al_2 .

Se tiene aquí:

$$\mathbf{P}_{Ref}(V_{A11}) = \mathbf{P}_{Ref}(V_1, Al = Al_1) = f(Al_1)$$

y

$$\mathbf{P}_{Ref}(V_{A12}) = \mathbf{P}_{Ref}(V_2, Al = Al_2) = f(Al_2).$$

Y ante las condiciones anteriores es posible determinar/calcular de forma unívoca las constantes a y b en la función anterior y por consiguiente $P_{Ref}(x, y)$.

La dependencia del vector P_{Ref} se puede describir también con el siguiente modelo no lineal:

$$P_{Ref}(x, y) = f(Al(x, y)) = a + b * Al(x, y) + c * Al(x, y)^2$$

donde a , b y c son constantes que se calculan en función de los datos de prescripción obtenidos Sph_v , Zyl_v , $Achse_v$ para por lo menos tres distancias al objeto diferentes $A1_1$, $A1_2$ y $A1_3$.

Se tiene aquí:

5
$$P_{Ref}(V_{A1_1}) = P_{Ref}(V_1, Al = A1_1) = f(A1_1),$$

$$P_{Ref}(V_{A1_2}) = P_{Ref}(V_2, Al = A1_2) = f(A1_2)$$

y

$$P_{Ref}(V_{A1_3}) = P_{Ref}(V_3, Al = A1_3) = f(A1_3).$$

10 Debido a las condiciones anteriores es posible determinar/calcular las constantes a , b y c en la función anterior y por consiguiente $P_{Ref}(x, y)$ de forma unívoca.

Según la invención se realiza en un espacio vectorial bidimensional que se abre con los dos componentes J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} del vector Potencia P_{Ref} , la transición desde un primer punto con coordenadas $(J^{Ref}_0(A1_1), J^{Ref}_{45}(A1_1))$ hasta un segundo punto con coordenadas $(J^{Ref}_0(A1_2), J^{Ref}_{45}(A1_2))$ a lo largo de la unión más corta entre el primero y el segundo punto.

15 Además se realiza en un espacio vectorial tridimensional abierto por los tres componentes M^{Ref} , J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} del vector Potencia P_{Ref} la transición de un primer punto con coordenadas $(M^{Ref}(A1_1), J^{Ref}_0(A1_1), J^{Ref}_{45}(A1_1))$ hasta un segundo punto con coordenadas $(M^{Ref}(A1_2), J^{Ref}_0(A1_2), J^{Ref}_{45}(A1_2))$ a lo largo de la unión más corta entre el primero y el segundo punto.

20 En los ejemplos anteriores, la transición de lejos a cerca o en general de la primera distancia al objeto a la segunda distancia al objeto a lo largo de la unión más corta en el espacio vectorial bidimensional formado por los dos componentes $(J^{Ref}_0$ y $J^{Ref}_{45})$ del vector Potencia o de forma particularmente preferida en el espacio vectorial tridimensional formado por los tres componentes M^{Ref} , J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} del vector Potencia P_{Ref} . Así se observa en un sistema de coordenadas cartesianas con ejes J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} según un ejemplo preferido de la invención una transición en línea recta de un primer punto de coordenadas $(J^{Ref}_0(A1_1), J^{Ref}_{45}(A1_1))$ que corresponden a la primera distancia al objeto $A1_1$, a un segundo punto de coordenadas $(J^{Ref}_0(A1_2), J^{Ref}_{45}(A1_2))$ que corresponden a la segunda distancia al objeto $A1_2$. La primera distancia al objeto puede ser la distancia al objeto para lejos (por ejemplo infinito) y la segunda distancia al objeto, la distancia al objeto para cerca (por ejemplo distancia para lectura).

30 Esto permite en particular tener mejor en cuenta las propiedades fisiológicas del ojo y en particular del ojo astigmático cuando mira a distancias al objeto diferentes. Mediante la utilización de vectores de Potencia y en particular mediante la transición antes citada a lo largo de la unión más corta se puede asegurar además que para cada valor intermedio cualquiera de la prescripción calculada (en función de la distancia al objeto) la suma de la distancia (del valor calculado) a las dos prescripciones (por ejemplo refracciones medidas para lejos y cerca) es mínima y permanece constante.

35 El cálculo o la optimización del cristal para gafa se suele realizar mediante la minimización de una función de rendimiento Z de la forma Z (valores reales – valores teóricos). De preferencia el cálculo o la optimización de por lo menos una superficie del cristal para gafa comprende la minimización de una función de rendimiento

$$Z = \sum_{i=1}^N (K(Ref, Ast) - S(Ref, Ast))_i^2,$$

donde:

$i, i = 1 \dots N$ designa el i -ésimo punto de recorrido de la vista (x, y) ;

40 $K(Ref, Ast)$ designa el defecto de refracción Ref y el defecto astigmático Ast en el i -ésimo punto de recorrido de la vista del cristal para gafa; y

$S(Ref, Ast)$ designa valores teóricos para el defecto de refracción Ref y el defecto astigmático Ast en el i -ésimo punto de recorrido de la vista del cristal para gafa.

45 El defecto de refracción representa la diferencia de la distancia focal/poder refringente del cristal para gafa y del poder refringente según la prescripción. La desviación astigmática y/o el defecto astigmático representa la diferencia

del astigmatismo del cristal para gafa y del astigmatismo según la prescripción. De preferencia se trata aquí de valores en posición de uso del cristal para gafa, es decir teniendo en cuenta el sistema cristal para gafa-ojo.

En la función de rendimiento puede entrar además una ponderación del defecto individual (es decir del defecto de refracción y del defecto astigmático). En particular cada uno de los defectos se puede ponderar en función del lugar a través del punto de recorrido de la vista.

De preferencia el método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa comprende además una etapa de especificación de un modelo de acomodación para una acomodación con éxito Akk en función de la distancia al objeto $A1$. El defecto de refracción y el defecto astigmático se pueden calcular entonces del siguiente modo:

$$Ast = -2\sqrt{J^{Dif}_0^2 + J^{Dif}_{45}^2},$$

$$Ref = M^{Dif}$$

10 donde:

$$P_{Dif} = \begin{pmatrix} M^{Dif} \\ J^{Dif}_0 \\ J^{Dif}_{45} \end{pmatrix} = P_{BG+Akk} - P_{Ref},$$

15

$$P_{BG+Akk} = \begin{pmatrix} M^{BG+Akk} \\ J_0^{BG+Akk} \\ J_{45}^{BG+Akk} \end{pmatrix},$$

20

$$M^{BG+Akk} = (Sph_{BG+Akk}) + \frac{Zyl_{BG}}{2}$$

$$J^{BG+Akk}_0 = -\frac{Zyl_{BG}}{2} \cos 2Achse_{BG}$$

$$J^{BG+Akk}_{45} = -\frac{Zyl_{BG}}{2} \sin 2Achse_{BG}$$

y

25 Sph_{BG} , Zyl_{BG} , $Achse_{BG}$ designa la esfera Sph_{BG} , astigmatismo Ast_{BG} y eje de astigmatismo $Achse_{BG}$ de un cristal para gafa en posición de uso. Si se dan también los componentes prismáticos, estos serán de preferencia independientes de la acomodación, como los astigmáticos.

Akk designa el éxito de la acomodación del ojo en el globo cenital vértice y/o la acomodación necesaria del ojo para obtener la corrección deseada. El globo cenital vértice se define como el globo a través del punto cenital de la superficie trasera del cristal de gafa con el centro de rotación como punto central.

30 El éxito de la acomodación Akk puede ser por ejemplo una función lineal de la distancia al objeto.

Como ya se ha indicado anteriormente el modelo de distancia al objeto se puede especificar mediante una función adecuada $A1(x, y)$ que describe la distancia al objeto correspondiente al punto de recorrido de la vista (x, y) . Un método de distancia al objeto estandarizado se indica en DIN 58 208 parte 2 (véase figura 6). El modelo de distancia al objeto puede diferir sin embargo de este modelo estandarizado de distancia al objeto.

35 La distancia al objeto depende por lo general de las coordenadas verticales y y algo menos de las coordenadas horizontales x .

De preferencia la dependencia de la distancia al objeto A1 (y) respecto de la coordenada vertical y se describe por medio de una función lineal o una función asintótica doble.

- 5 En un modelo lineal los coeficientes de la función lineal se pueden determinar de forma unívoca mediante condiciones especificadas para las distancias al objeto en los puntos de referencia (por ejemplo punto de referencia de lejos y punto de referencia de cerca). También es posible describir y/o especificar la dependencia de la distancia al objeto respecto de la coordenada y mediante una función no lineal, como por ejemplo una función asintótica doble

$$A1(y) = b + a - \frac{a}{(1 + e^{c(y+d)})^m} .$$

- 10 . Aquí se pueden determinar dos de los coeficientes, por lo general los coeficientes b y a mediante las condiciones especificadas para las distancias al objeto en los puntos de referencia. Los demás coeficientes de la función asintótica libre pueden especificarse libremente. Estos coeficientes presentan grados de libertad adicionales con los cuales se puede modificar el diseño del cristal para gafa.

Respecto de la dependencia de la coordenada horizontal x existen también grados de libertad. En el caso más simple se especifica un modelo donde la distancia al objeto en el corte horizontal permanece constante (es decir con $y = \text{const.}$).

- 15 Alternativamente la dependencia de la distancia al objeto A1 (x) respecto de la coordenada horizontal x puede describirse mediante una función lineal o una función cuadrática (por ejemplo una función parabólica) de la distancia del centro del cristal o de la línea principal. De preferencia la distancia al objeto A1 (x) en el corte horizontal con $y = \text{const}$ disminuye al aumentar la distancia del centro del cristal o de la línea principal en la zona de lejos y aumenta en la zona de cerca.

- 20 El método descrito anteriormente para calcular u optimizar un cristal para gafa se puede aplicar tanto para cristales de gafa unifocales como también cristales para gafa progresivos. De preferencia el cristal para gafa a optimizar es un cristal progresivo. El cálculo/optimización del cristal para gafa se realiza de preferencia en posición de uso del cristal para gafa teniendo en cuenta parámetros medios o individuales (ángulo de inclinación de la montura, inclinación longitudinal, distancia pupilar, distancia córnea-vértice, etc.) del usuario de la gafa y/o la posición de uso del cristal para gafa delante de los ojos del usuario.

- 25 Según un segundo aspecto se propone un dispositivo para calcular u optimizar un cristal para gafa concebido para realizar el método implementado por ordenador para calcular u optimizar un cristal para gafa según un ejemplo preferido de la invención.

El dispositivo para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa comprende

- 30 medios para obtener datos de prescripción concebidos para obtener datos de prescripción y/o de refracción V_{A11} y V_{A12} de un usuario de gafa para por lo menos dos distancias diferentes al objeto $A1_1$ y $A1_2$ ($A1_1 \neq A1_2$);

medios para especificación de modelo de distancia al objeto concebidos para especificar un modelo de distancia al objeto A1 (x, y) donde A1 designa la distancia al objeto y (x, y) una zona o un punto de recorrido de la vista del cristal para gafa en una dirección especificada o especificable de la mirada.

- 35 medios para la especificación de un modelo de prescripción concebidos para especificar un modelo que describe la dependencia de la prescripción respecto de la distancia al objeto A1

medios de cálculo de la prescripción, concebidos para calcular la prescripción en las zonas de recorrido de la vista (x, y) sobre la base del modelo de distancia al objeto A1 (x, y) y de los datos de prescripción obtenidos V_{A11} y V_{A12}

medios de cálculo u optimización concebidos para calcular u optimizar por lo menos una superficie del cristal para gafa teniendo en cuenta la prescripción calculada en las zonas de recorrido de la vista (x, y).

- 40 Según un ejemplo de realización preferida de la invención el dispositivo para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa comprende

medios de obtención de datos de prescripción, concebidos para calcular datos de prescripción y/o de refracción V_{A11} y V_{A12} de un usuario de gafa para por lo menos dos distancias al objeto diferentes $A1_1$ y $A1_2$ ($A1_1 \neq A1_2$), donde los datos de prescripción comprenden datos relativos al efecto esférico Sph_V , el valor del astigmatismo Zy_V y el eje del astigmatismo $Achse_V$ para por lo menos dos distancias al objeto diferentes $A1_1$ y $A1_2$ ($A1_1 \neq A1_2$);

- 45 medios para la especificación del modelo de distancia al objeto concebidos para especificar un modelo de distancia al objeto A1 (x, y), donde A1 designa la distancia al objeto y (x, y) una zona o un punto de recorrido de la mirada del cristal para gafa en una dirección de la mirada especificada o especificable;

medios para la especificación de modelos de prescripción, concebidos para especificar una función $P_{\text{Ref}} = f(A1)$, que

describe la dependencia de un vector Potencia respecto de la distancia al objeto A1, donde

$$\mathbf{P}_{Ref} = \begin{pmatrix} M^{Ref} \\ J^{Ref}_0 \\ J^{Ref}_{45} \end{pmatrix}$$

de la prescripción respecto de la

5

$$M^{Ref} = Sph_V + \frac{Zyl_V}{2}$$

$$J^{Ref}_0 = -\frac{Zyl_V}{2} \cos 2Achse_V ;$$

$$J^{Ref}_{45} = -\frac{Zyl_V}{2} \sen 2Achse_V$$

10

medios de cálculo de prescripción concebidos para calcular los componentes del vector Potencia P_{Ref} de la prescripción en una multiplicidad en zonas de recorrido de la mirada (x, y) sobre la base del modelo de distancia al objeto A1 (x, y) y los datos de prescripción obtenidos V_{A11} y V_{A12} ,

15

medios de cálculo u optimización concebidos para calcular o para optimizar por lo menos una superficie del cristal para gafa teniendo en cuenta los componentes calculados del vector Potencia P_{Ref} de la prescripción en las zonas de recorrido de la vista (x, y) .

20

La segunda superficie del cristal para gafa puede ser una superficie especificada o especificable, por ejemplo una superficie esférica simple o una superficie esférica de simetría de rotación. Como es natural, es posible optimizar las dos superficies del cristal para gafa teniendo en cuenta la prescripción calculada que depende del ángulo o de la dirección de la mirada.

25

Los medios de optimización y/o de cálculo y los medios de cálculo de la prescripción se pueden implementar mediante ordenadores adecuadamente configurados o programados, hardware especializado y/o redes o sistemas informáticos, etc. Es posible que el mismo ordenador o el mismo sistema informático estén configurados o programados de modo que tanto el cálculo como la obtención de la prescripción en las zonas de recorrido de la mirada (x, y) como el cálculo o la optimización del cristal para gafa se realice teniendo en cuenta la prescripción obtenida. Como es natural, también es posible que el cálculo o la optimización del cristal para gafa se produzcan por ejemplo en ordenadores o sistemas informáticos separados.

30

La optimización o los medios de cálculo, medios de obtención de la prescripción, medios de especificación de modelo de distancia al objeto, medios de especificación de modelo de prescripción, medios de obtención de datos de la prescripción pueden estar en comunicación de señal, por medio de interfaces adecuados, y en particular seleccionar y/o modificar los datos almacenados en el soporte. Los medios para la obtención de datos de la prescripción pueden comprender además un interfaz de usuario gráfico interactivo (GUI), que permita a un usuario introducir y/o modificar datos. Todos los cálculos se realizan de preferencia en tiempo real.

35

Otro aspecto de la invención se refiere a un producto de programación informática así como a un medio de soporte de datos con programa informático incorporado, donde el programa o el producto de programa informático está concebido para que una vez cargado y realizado en un ordenador pueda llevar a cabo un ejemplo de realización del método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa.

40

Otro aspecto de la invención se refiere a un método para la fabricación de un cristal para gafa que comprende:

cálculo u optimización de un cristal para gafa según un ejemplo de realización del método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa;

fabricación del cristal para gafa así calculado u optimizado.

45

En particular, el cálculo o la optimización del cristal para gafa comprende la aportación de datos de superficie del cristal para gafa calculado u optimizado según un ejemplo del método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa. Como ya se indicó más arriba, una de las superficies del cristal para gafa (por ejemplo superficie delantera) puede ser una superficie especificada, por ejemplo una superficie esférica o esférica de simetría de rotación. La otra superficie (por ejemplo la superficie trasera) se optimiza o calcula entonces teniendo en cuenta la prescripción que depende de la dirección o del ángulo de la mirada.

Según otro aspecto de la invención se propone un dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa. El dispositivo comprende:

unos medios para el cálculo o la optimización concebidos para calcular u optimizar el cristal para gafa según un ejemplo de realización preferido del método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa;

medios para el tratamiento concebidos para acabar el cristal para gafa.

5 En particular, el dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa comprende unos medios de obtención de datos de superficie concebidos para proporcionar datos de superficie del cristal para gafa calculado u optimizado según un ejemplo del método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa.

10 Los medios para la elaboración final del cristal para gafa pueden ser máquinas CNC para la elaboración directa de una lente en bruto según las especificaciones de optimización calculadas. Un cristal para gafa también se puede fabricar mediante un procedimiento de colada. De preferencia el cristal para gafa elaborado presenta una superficie esférica simple o una superficie esférica de simetría de rotación y una superficie optimizada (por ejemplo esférica o progresiva) según las especificaciones de diseño calculadas según la invención así como unos parámetros individuales del usuario de la gafa. De preferencia la superficie esférica simple o esférica de simetría de rotación es la superficie delantera (es decir la superficie del lado del objeto) del cristal para gafa. No obstante también es posible, como es natural, disponer la superficie optimizada según el diseño calculado como superficie delantera del cristal para gafa.

15 Asimismo el dispositivo para la fabricación de un cristal progresivo para gafa puede comprender también unos medios para la obtención de datos individuales del usuario de la gafa. Los medios de obtención de datos pueden ser en particular interfaces gráficos del usuario.

20 A continuación se describen unas formas de realización preferidas de la invención en las figuras correspondientes.

- La Figura 1 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de método para la optimización de un cristal para gafa según un ejemplo de realización de la invención;
- La Figura 2 muestra un ejemplo de un cristal para gafa individual progresivo, optimizado en la forma habitual; y
- 25 La Figura 3 muestra un ejemplo de cristal para gafa progresivo individual optimizado según un aspecto preferido de la invención;
- La Figura 4 presenta la esfera según la prescripción como función de la distancia en un ejemplo comparativo según el estado de la técnica y en un ejemplo según la invención;
- 30 La Figura 5 presenta el valor del cilindro según la prescripción en función de la distancia en un ejemplo de comparación según el estado de la técnica y según un ejemplo de la invención;
- La Figura 6 muestra un eje cilíndrico según la prescripción en función de la distancia en un ejemplo comparativo según el estado de la técnica y un ejemplo según la invención;
- La Figura 7 presenta el equivalente esférico (Power) según la prescripción en función de la distancia en un ejemplo comparativo según el estado de la técnica y en un ejemplo según la invención;
- 35 La Figura 8 muestra la transición del vector (J_0 , J_{45}) de la refracción 1 a la refracción 2 en un ejemplo comparativo según el estado de la técnica y un ejemplo según la invención;
- La Figura 9 muestra Iso-Líneas de la agudeza visual en un cristal para gafa según un ejemplo comparativo, optimizado según un método convencional;
- La Figura 10 muestra el campo visual del cristal para gafa mostrado en la Figura 9;
- 40 La Figura 11 muestra Iso-Líneas de la agudeza visual en un cristal para gafa según un ejemplo de método según la invención;
- La Figura 12 muestra el campo visual del cristal para gafa de la Figura 11.

45 Aquí el sistema de coordenadas es el descrito anteriormente de la superficie trasera (progresiva) que se va a optimizar. En las figuras el punto de referencia de lejos B_F y el punto de referencia de cerca B_N se representan como círculo.

La figura 1 muestra un diagrama de flujo como ejemplo de un método para la optimización de un cristal para gafa progresivo, individual según un ejemplo de realización de la invención. El método se puede aplicar así mismo a un cristal unifocal para gafa.

5 A partir de los datos de prescripción transmitidos 10 (por ejemplo $V(Sph, Zyl, Achse, Add) = Sph_V, Zyl_V, Achse_V, Add_V$) y de las distancias al objeto eventualmente transmitidas o de las distancias según DIN (DIN 58208) se determina un modelo $Akk = f(A1)$ para el éxito de la acomodación Akk en el globo cenital vértice como función de la distancia al objeto $A1$ (inverso de la distancia al objeto). Se trata de preferencia de un modelo lineal con $Akk = f(A1) = a + b \cdot A1$.

10 Por ejemplo el ECP ha determinado una prescripción Lejos $Sph_V = +1,00$ dpt con una distancia al objeto $A1_1 = A1_F = 0,00$ dpt (infinito) y una adición $Add_V = 2,00$ dpt para una distancia al objeto $A1_2 = A1_N = -2,50$ dpt (40 cm). Entonces la acomodación para lejos Akk_F con la distancia al objeto $A1_F = 0,00$ dpt es también según la definición $Akk_F = 0,00$ dpt. La acomodación para cerca Akk_N con una distancia al objeto de $A1_N = -2,50$ dpt es igual $Akk_N = Add - A1_N = 0,50$ dpt. Si se especifica o establece un modelo lineal con $Akk = f(A1) = a + b \cdot A1$ se pueden determinar de forma sencilla los coeficientes a y b . En este caso $a = 0,00$ dpt y $b = -0,2$.

Se puede especificar o establecer así mismo un modelo no lineal para el éxito de la acomodación como función de la distancia al objeto.

15 A continuación se especifica un modelo de distancia al objeto (o función de distancia al objeto) en el que para zona de recorrido de la vista (x, y) se determina una distancia al objeto $A1 = f(x, y)$ se prefiere particularmente cuando la distancia al objeto $A1(x_{BF}, y_{BF})$ en el punto de referencia de lejos B_F con coordenadas (x_{BF}, y_{BF}) corresponde a la distancia al objeto $A1_F$ en la distancia de refracción ($A1(x_{BF}, y_{BF}) = A1_F$) y la distancia al objeto $A1(x_{BN}, y_{BN})$ en el punto de referencia de cerca B_N de coordenadas (x_{BN}, y_{BN}) corresponde a la distancia al objeto $A1_N$ en la distancia de refracción ($A1(x_{BN}, y_{BN}) = A1_N$).

20 La distancia al objeto suele depender en gran medida de la coordenada vertical y y algo menos de la coordenada horizontal x . La dependencia de la distancia al objeto respecto de la coordenada y se puede describir por ejemplo con un modelo lineal, donde los coeficientes se determinan mediante las dos condiciones descritas para los puntos de referencia. Es también posible especificar la dependencia de la distancia al objeto respecto de la coordenada y mediante una función no lineal como por ejemplo una función asintótica doble

25
$$A1(y) = b + a - \frac{a}{(1 + e^{c(y+d)})^m} .$$
 Aquí hay dos coeficientes, por lo general los coeficientes b y a determinados por las dos condiciones descritas para los puntos de referencia. En el caso de otros coeficientes hay grados de libertad con los cuales se puede modificar el diseño del cristal para gafa.

30 Respecto de la dependencia respecto de la coordenada horizontal x se tienen también grados de libertad. En el caso más sencillo se puede elegir que la distancia al objeto en la sección horizontal sea constante o se utiliza una parábola y se deja, en la zona de lejos, disminuir la distancia al objeto al aumentar la distancia respecto del centro del cristal y aumentar en el sector de cerca.

Para cada zona de recorrido de la vista (x, y) / para cada punto de recorrido de la vista (x, y) se fijan valores teóricos $S(Ref, Ast)$ (valores teóricos 20) para el defecto astigmático Ast y el defecto de refracción Ref .

35 Para cada zona de recorrido de la vista especificada o por especificar (x, y) se calcula en la etapa siguiente con un algoritmo de cálculo adecuado, de preferencia con Wavefronttracing las aberraciones de segundo grado $Sph_{BG}, Zyl_{BG}, Achse_{BG}$ teniendo en cuenta la distancia al objeto $A1(x, y)$ (etapa 30).

40 En virtud de la función para el éxito de la acomodación (es decir el modelo de acomodación establecido) se puede calcular para cada distancia al objeto $A1(x, y)$ también la acomodación $Akk(A1(x, y))$. El valor de la acomodación así calculada en la zona de recorrido de la vista (x, y) se adiciona a las propiedades de la imagen de segundo orden calculadas en la zona de recorrido de la vista (x, y) (etapa 40):

$$Sph_{BG} \rightarrow Sph_{BG} + Akk .$$

Los valores resultantes de las propiedades de la imagen de segundo orden del cristal para gafa ($Sph_{BG} + Akk, Zyl_{BG}, Achse_{BG}$) constituyen entonces los valores del cristal para gafa $BG(Sph, Zyl, Achse)$.

45 Los valores del cristal para gafa $BG(Sph, Zyl, Achse)$ se combinan en una etapa ulterior con los valores de la prescripción $V(Sph, Zyl, Achse)$ y sobre la base de esta combinación se calcula el defecto de refracción Ref y el defecto astigmático Ast (etapa 50):

$$K(Ref, Ast) = BG(Sph, Zyl, Achse) - V(Sph, Zyl, Achse) .$$

De preferencia se forma aquí la diferencia $P_{Dif} = P_{BG + Akk} - P_{Ref}$ con la ayuda de vectores P (denominados en lo que sigue vectores de Potencia) donde se define un vector de Potencia

P del siguiente modo:

$$\begin{aligned}
 & M = sph + \frac{zyl}{2} \\
 \mathbf{P} &= \begin{pmatrix} M \\ J_0 \\ J_{45} \end{pmatrix}, \quad J_0 = -\frac{zyl}{2} \cos 2Achse. \\
 & J_{45} = -\frac{zyl}{2} \sen 2Achse
 \end{aligned}$$

De este modo se tiene:

$$\mathbf{P}_{BG+Akk} = \begin{pmatrix} M^{BG+Akk} \\ J_0^{BG+Akk} \\ J_{45}^{BG+Akk} \end{pmatrix},$$

donde

$$M^{BG+Akk} = (Sph_{BG+Akk}) + \frac{Zyl_{BG}}{2}$$

$$J^{BG+Akk}_0 = -\frac{Zyl_{BG}}{2} \cos 2Achse_{BG}$$

$$J^{BG+Akk}_{45} = -\frac{Zyl_{BG}}{2} \sen 2Achse_{BG}$$

y

$$\mathbf{P}_{Ref} = \begin{pmatrix} M^{Ref} \\ J_0^{Ref} \\ J_{45}^{Ref} \end{pmatrix},$$

donde

$$M^{Ref} = Sph_v + \frac{Zyl_v}{2}$$

$$J^{Ref}_0 = -\frac{Zyl_v}{2} \cos 2Achse_v.$$

$$J^{Ref}_{45} = -\frac{Zyl_v}{2} \sen 2Achse_v$$

Con la ayuda de los vectores de potencia P es posible adicionar los valores de prescripción y los valores del cristal para gafa vectorialmente (por ejemplo según el método Kreuz-Zylinder).

A partir de los componentes del vector Potencia P_{Dif} ,
$$\mathbf{P}_{Dif} = \begin{pmatrix} M^{Dif} \\ J^{Dif}_0 \\ J^{Dif}_{45} \end{pmatrix}$$

5 se puede calcular el defecto astigmático Ast y el defecto de refracción Ref de la siguiente forma:

$$Ast = -2\sqrt{J_0^2 + J_{45}^2} = -2\sqrt{J^{Dif}_0^2 + J^{Dif}_{45}^2}$$

$$Ref = M = M^{Dif}$$

10 El cálculo del defecto de refracción Ref y del defecto astigmático Ast se repite para todas las zonas de recorrido de la vista (x, y) para todos los puntos de recorrido de la vista (x, y) (etapa 60).

15 En una etapa ulterior (etapa 70) se calcula una función de rendimiento Z (valores reales – valores teóricos) en la que se introducen los valores del defecto de refracción Ref calculado anteriormente y del defecto astigmático Ast y los valores teóricos para el defecto de refracción Ref y el defecto astigmático Ast . Para ello se calcula para todas las zonas de recorrido de la vista/punto de recorrido de la vista la desviación del defecto de refracción calculado Ref y la desviación del defecto astigmático calculado anteriormente Ast respecto de los valores teóricos correspondientes S (Ref, Ast).

20 En una función de rendimiento a modo de ejemplo se pueden sumar los cuadrados de las diferencias para obtener la suma cuadrática de los defectos:

$$Z = \sum_{i=1}^N (K(Ref, Ast) - S(Ref, Ast))_i^2,$$

donde:

25 $K(Ref, Ast)$ designa el defecto de refracción y el defecto astigmático del cristal para gafa; y $S(Ref, Ast)$ los valores teóricos del defecto de refracción y del defecto astigmático; y $i, i = 1 \dots N$ la i -ésima zona de recorrido de la vista.

30 En una etapa ulterior (etapa 80) se evalúa la función de rendimiento Z . Si la suma cuadrática de defectos es inferior a un valor de umbral determinado se termina la optimización (etapa 100). En el caso contrario se modifica con un algoritmo de optimización adecuado la superficie del cristal para gafa (etapa 90) y se vuelve a iniciar el cálculo (dicho de otro modo se vuelven a ejecutar las etapas 30 a 80).

35 Ahora puede ocurrir – como se describe más arriba – que no resulte suficiente determinar solamente una adición sino que es preciso determinar completamente también de cerca la esfera, el cilindro y el eje $Sph_v, Zyl_v, Achse_v$. La causa de ello puede ser por ejemplo una deformación de la lente, de todo el ojo o una modificación del diámetro pupilar en la acomodación. Según un aspecto de la invención se propone por lo tanto no especificar en el proceso de optimización la prescripción como valor fijo sino como una función de la distancia al objeto $A1$.

Si se tiene por ejemplo una prescripción para lejos $Sph_{v_1} = +1,00$ dpt, $Zyl_{v_1} = 1,00$ dpt, $Achse_{v_1} = 10^\circ$ con una distancia al objeto $A1_1 = A1_F = 0,00$ dpt y de cerca $Sph_{v_2} = +3,00$ dpt, $Zyl_{v_2} = 0,50$ dpt, $Achse_{v_2} = 0^\circ$ con una distancia al objeto de $A1_2 = A1_N = -2,50$ dpt, se pueden formar a partir de ahí dos vectores de Potencia $P_{v_1} = P_{Ferne}$ (de lejos) y $P_{v_2} = P_{Nähe}$ (de cerca).

40 Para tener en cuenta las diferentes prescripciones se puede formar (o establecer o especificar) un modelo del vector Potencia P_{Ref} como función de la distancia al objeto $A1$, de preferencia un modelo lineal:

$$\mathbf{P}_{Ref} = f(A1) = a + b * A1$$

45 Aquí se puede determinar de forma sencilla el vector de coeficientes a y b a partir de la prescripción para lejos (Ferne) y para cerca (Nähe). En este caso $P_{Ferne} = (1,50; 0,47; 0,17)^T * \text{dpt}$ y $P_{Nähe} = (3,25; 0,25; 0,00)^T * \text{dpt}$, $a = P_{Ferne}$ y $b = (-0,7; -0,1; -0,068)^T$.

La adición también se puede calcular por separado si la adición Add_V en este ejemplo es igual a 2,00 dpt, $P_{Nähe} = (1,25; 0,25; 0,00)^T * \text{dpt}$.

No obstante es posible describir la dependencia de la prescripción o del vector Potencia P_{Ref} respecto de la distancia al objeto $A1$ mediante un modelo no lineal. En general se tiene $P_{Ref} = f(A1)$.

5 Con el método descrito anteriormente se puede calcular una prescripción para cada distancia al objeto y dirección de la mirada. El cristal progresivo para gafa se optimiza entonces teniendo en cuenta la prescripción que depende de la dirección de la mirada.

10 La figura 2 muestra la distribución del astigmatismo en posición de uso de un cristal para gafa progresivo e individual, que se ha optimizado teniendo en cuenta valores de prescripción fijos $Sph_V, Zyl_V, Achse_V, Add_V$. Los datos de refracción y/o de prescripción que se han transmitido al fabricante del cristal para gafa y se han tenido en cuenta al optimizar el cristal para gafa son Esfera $Sph_V = 0,0$ dpt, Cilindro $Zyl_V = 0,0$ dpt y Eje del Cindro $Achse_V = 0^\circ$ para lejos y una Adición $Add_V = 1,5$ dpt. El cristal para gafas calculado presenta los valores $Sph_{BG} = +1,5$ dpt, $Zyl_{BG} = 0,0$ dpt, $Achse_{BG} = 0^\circ$.

15 En una determinación de la refracción más precisa se comprueba sin embargo que el usuario de la gafa necesita también un cilindro de cerca $Zyl_{VNähe} 0,25$ dpt con un eje de cilindro $Achse_{VNähe} = 90^\circ$. En este cristal para gafa optimizado en la forma habitual donde se tiene en cuenta además de los valores de refracción y/o de prescripción para lejos únicamente la adición, faltan por consiguiente en la zona de cerca 0,125 dpt de Adición y un cilindro de corrección de 0,25 dpt.

20 La figura 3 muestra la distribución del astigmatismo en posición de uso de un cristal para gafa progresivo, individual que se ha optimizado según el método descrito en relación con ello en la figura 1, teniendo en cuenta valores de prescripción que dependen de la dirección de la mirada. Los datos de refracción y/o de prescripción para lejos que se han tenido en cuenta al optimizar el cristal para gafa corresponden a los datos de refracción y/o de prescripción del ejemplo de la figura 2, es decir Esfera $Sph_{V1} = Sph_{VFerne} = 0,0$ dpt, Cilindro $Zyl_{V1} = Zyl_{VFerne} = 0,0$ dpt y Eje de cilindro $Achse_{V1} = Achse_{VFerne} = 0^\circ$ para lejos (con una distancia al objeto $A1_F$ en la determinación de la refracción a lo lejos de 0,0 dpt, es decir infinito). La adición prescrita Add_V es también de 1,5 dpt.

25 No obstante al optimizar el cristal para gafa se tuvo en cuenta además el cilindro de cerca $Zyl_{V2} = Zyl_{VNähe}$ calculado mediante la determinación de la refracción de 0,25 dpt con un eje de cilindro $Achse_{V2} = Achse_{VNähe} = 90^\circ$. El cristal para gafa así optimizada muestra en el punto de referencia de cerca valores de $Sph_{BG} = +1,5$ dpt, $Zyl_{BG} = +0,25$ dpt, $A_{BC} = 90^\circ$. Estos valores corresponden a los valores calculados para cerca mediante la determinación de la refracción. En la parte de cerca y a lo largo de la línea de la mirada principal HBL se alcanza una corrección total. La adición de este cristal para gafa es 0,125 dpt superior a la adición del cristal para gafa que se muestra en la figura 2.

30 Como ya se ha indicado más arriba, sobre la base de los valores de prescripción calculados para lejos y para cerca y el modelo especificado para la prescripción como función de la distancia al objeto se calcula la prescripción (descrita por medio de un vector Potencia) en una multiplicidad de puntos de recorrido de la mirada (x, y). La prescripción es por lo tanto función de la dirección de la mirada.

35 Las figuras 4 a 8 muestran la dependencia de los múltiples componentes de la prescripción (Esfera, Cilindro, Eje, etc.) respecto de la distancia al objeto en un ejemplo comparativo según el estado de la técnica y según el ejemplo de realización de la invención. En particular, las figuras 4 a 8 muestran la transición entre Lejos y Cerca:

- 40
- del defecto esférico según la prescripción (figura 4);
 - del valor del astigmatismo (y/o del cilindro) según la prescripción (figura 5);
 - la posición del eje según la prescripción (figura 6);
 - el equivalente esférico M (figura 7); y
 - el efecto cilíndrico J0, J45) (figura 8).

45 En el ejemplo comparativo se especifican o modelizan el valor y la posición del eje del astigmatismo según la prescripción, separados entre sí, como funciones de la inclinación de la mirada, como se describe por ejemplo en EP 1 660 928/US 7.249.850. Se produce entonces una transición separada de Lejos a Cerca tanto para el valor como para la posición del eje del astigmatismo/cilindro, como funciones de la inclinación o del ángulo de la mirada. Los valores de prescripción Esfera (Sph), Cilindro (Zyl) y Eje siguen las uniones más cortas entre lejos y cerca y se representan mediante rectas (véase figura 4 a 6).

50 Sin embargo se ha visto que resulta ventajoso que la adición y la sustracción no se realice por encima de los componentes Esfera (Sph), Cilindro (Zyl) y Eje, sino por

encima de los vectores Potencia

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} M \\ J_0 \\ J_{45} \end{pmatrix}$$

con componentes

$$5 \quad M = sph + \frac{zyl}{2}, J_0 = -\frac{zyl}{2} \cos 2A \quad y \quad J_{45} = -\frac{zyl}{2} \sin 2A$$

Según un ejemplo de

10 realización preferida de la invención la transición de Lejos a Cerca se produce siempre a lo largo de la combinación más corta en el espacio vectorial bidimensional comprendido entre los dos componentes (J_0 , J_{45}) o preferentemente en el espacio vectorial tridimensional que forman los tres componentes (M , J_0 , J_{45}) del vector

Potencia
$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} M \\ J_0 \\ J_{45} \end{pmatrix}$$

15 La figura 8 muestra la transición del vector (J_0^{Ref} y J_{45}^{Ref}) de la refracción 1 (la refracción en una primera distancia al objeto $A1_1$, por ejemplo a lo lejos) a la refracción 2 (la refracción en una segunda distancia al objeto $A1_2$, por ejemplo de cerca). En la figura 8 los puntos P1 y P2 tienen como coordenadas:

$$P1 = P1 (J_0^{Ref} (A1_1), J_{45}^{Ref} (A1_1)); \quad y$$

$$P2 = P2 (J_0^{Ref} (A1_2), J_{45}^{Ref} (A1_2)).$$

20 Aquí se ve, según el ejemplo de realización preferido de la invención, siempre una transición rectilínea. La transición de lejos a cerca en el ejemplo comparativo no es sin embargo rectilínea y no sigue la unión más corta entre lejos y cerca.

25 Cuando se tiene que modificar únicamente el valor del astigmatismo al mirar desde lejos a cerca, quedando en cambio constante la posición del eje, el método conocido por EP 1 660 928/US 7.249.850 (ejemplo comparativo) y el método según el ejemplo de realización del invento proporcionan los mismos resultados. Pero si se tiene en cuenta adicionalmente la modificación de la posición axial del astigmatismo, se obtienen en parte diferencias considerables entre los dos modelos.

30 Las mayores diferencias entre los modelos para astigmatismo de prescripción como función de la distancia al objeto o dirección/ángulo de la mirada según EP 1 660 928/US 7.249.850 y según el ejemplo de realización de la invención se obtienen cuando el valor del astigmatismo permanece constante y se modifica únicamente la posición axial. Esto se puede ilustrar con la ayuda de los siguientes ejemplos:

Los valores de prescripción/refracción obtenidos para cerca y para lejos son:

$$\text{Lejos: } Zyl = 2 \text{ dpt; Achse} = 45^\circ$$

$$\text{Cerca: } Zyl = 2 \text{ dpt; Achse} = 135^\circ$$

35 Con una distancia al objeto de 1,25 dpt se obtienen según el modelo para la prescripción conocido por EP 1 660 928/US 7.249.850 los valores $Zyl = 2$ dpt; $Achse = 90^\circ$. Según el método del ejemplo de realización preferido del invento se obtiene con una distancia al objeto de 1,25 dpt el valor $Zyl = 0$ dpt.

40 Las figuras 9 y 10 muestran las Iso-líneas de la agudeza visual y la representación correspondiente del campo visual en un cristal para gafa según un ejemplo comparativo que se ha optimizado un método convencional teniendo en cuenta los valores de prescripción astigmáticos para lejos. En este caso los valores de refracción obtenidos para lejos y para cerca son:

$$\text{Lejos: } Sph = 0,00 \text{ dpt; } Zyl = 3,50 \text{ dpt; } Achse = 10^\circ$$

$$\text{Cerca: } Sph = 1,25 \text{ dpt; } Zyl = 3,75 \text{ dpt; } Achse = 16^\circ$$

45 Los valores correspondientes del pedido de cristal para gafa tienen en cuenta únicamente el astigmatismo para lejos y son dos:

$$\text{Lejos: } Sph = 0,00 \text{ dpt; } Zyl = 3,50 \text{ dpt y } Achse = 10^\circ$$

$$\text{Add} = 1,50 \text{ dpt}$$

Los valores de uso de un cristal para gafa que ha sido optimizado según un método convencional teniendo en cuenta los valores de prescripción astigmáticos para lejos son:

Lejos: Sph = 0,00 dpt; Zyl = 3,50 dpt; Achse = 10°
 Cerca: Sph = 1,50 dpt; Zyl = 3,50 dpt; Achse = 10°.

5 Las figuras 11 y 12 muestran las Iso-líneas de la agudeza visual y la representación correspondiente del campo visual en un cristal para gafa según un ejemplo de realización de la invención. El cristal para gafa se optimiza teniendo en cuenta los valores de prescripción astigmáticos para lejos y cerca. Los valores de refracción obtenidos para lejos y cerca son en este ejemplo de realización los mismos que en el ejemplo comparativo mostrado en las figuras 9 y 10:

Lejos: Sph = 0,00 dpt; Zyl = 3,50 dpt; Achse = 10°
 Cerca: Sph = 1,25 dpt; Zyl = 3,75 dpt; Achse = 16°.

10 Los valores de pedido correspondientes para el cristal de gafa tienen en cuenta sin embargo tanto el astigmatismo para lejos como el astigmatismo para cerca, calculado en virtud de la determinación de refracción:

Lejos: Sph = 0,00 dpt; Zyl = 3,50 dpt; Achse = 10°
 Cerca: Sph = 1,25 dpt; Zyl = 3,75 dpt; Achse = 16°.

15 Los valores de uso de un cristal para gafa optimizado según un método preferido de la invención teniendo en cuenta los valores de prescripción astigmáticos para lejos y para cerca son:

Lejos: Sph = 0,00 dpt; Zyl = 3,50 dpt y Achse = 10°
 Cerca: Sph = 1,25 dpt; Zyl = 3,75 dpt y Achse = 16°.

20 En una comparación de las figuras 9 y 10 con las figuras 11 y 12 se observa una notable mejora de la agudeza visual en la zona de cerca del cristal para gafa que se ha optimizado según el método del ejemplo de realización de la invención.

Leyenda de las designaciones utilizadas

25	<i>Sph_V, Zyl_V, Achse_V, Add_V, Pr_V, B_V</i>	Datos de prescripción (Esfera, Cilindro, Eje, Adición, Prisma, Base)
	<i>Sph_{BG}, Zyl_{BG}, Achse_{BG}</i>	Propiedades de la imagen del segundo orden del cristal para gafa (corregidas)
	<i>A1</i>	Distancia al objeto
	<i>A1_F</i>	Distancia al objeto de lejos
30	<i>A1_N</i>	Distancia al objeto de cerca
	<i>Akk</i>	Acomodación
	<i>Akk_F</i>	Acomodación de lejos
	<i>Akk_N</i>	Acomodación de cerca
35	<i>(x, y)</i>	Zona o punto de recorrido de la vista en una dirección de la Mirada especificada o especificable
	<i>(x_{BF}, y_{BF})</i>	Coordenadas del punto de referencia de lejos <i>B_F</i>
	<i>(x_{BN}, y_{BN})</i>	Coordenadas del punto de referencia de cerca <i>B_N</i>
40	<i>Ref</i>	Defecto de refracción
	<i>Ast</i>	Defecto astigmático
	<i>S (Ref, Ast)</i>	Valores teóricos para el defecto astigmático y el defecto de refracción

REIVINDICACIONES

1. Método informático implementado para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa que comprende las etapas:

Obtención de datos de prescripción o de refracción V_{A1_1} y V_{A1_2} de un usuario de gafa para por lo menos dos distancias al objeto diferentes objeto $A1_1$ y $A1_2$ ($A1_1 \neq A1_2$) donde los datos de prescripción comprenden datos relativos al efecto esférico Sph_V , el valor del astigmatismo Zyl_V y el eje de astigmatismo $Achse_V$ para por lo menos dos distancias al objeto diferentes $A1_1$ y $A1_2$;

especificación de un modelo de distancia al objeto $A1$ (x, y), donde $A1_1$ designa la distancia al objeto y (x, y) una zona o un punto de recorrido de la vista del cristal para gafa en una dirección de la mirada especificada o especificable;

especificación $P_{Ref} = f(A1)$ que describe la dependencia de un factor Potencia $P_{Ref} = \begin{pmatrix} M^{Ref} \\ J^{Ref}_0 \\ J^{Ref}_{45} \end{pmatrix}$

de la prescripción respecto de la distancia al objeto $A1$, donde

$$M^{Ref} = Sph_V + \frac{Zyl_V}{2}$$

$$J^{Ref}_0 = -\frac{Zyl_V}{2} \cos 2Achse_V .$$

$$J^{Ref}_{45} = -\frac{Zyl_V}{2} \sen 2Achse_V$$

donde en un espacio vectorial bidimensional formado por los dos componentes J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} del vector Potencia P_{Ref} , la transición de un primer punto (P1) de coordenadas ($J^{Ref}_0(A1_1), J^{Ref}_{45}(A1_1)$) a un segundo punto (P2) de coordenadas ($J^{Ref}_0(A1_2), J^{Ref}_{45}(A1_2)$) se realiza a lo largo de la unión más corta entre el primer punto (P1) y el segundo punto (P2); o

donde en un espacio vectorial tridimensional formado por los tres componentes M^{Ref}, J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} del vector Potencia P_{Ref} la transición de un primer punto (P1) de coordenadas ($M^{Ref}(A1_1), J^{Ref}_0(A1_1), J^{Ref}_{45}(A1_1)$) a un segundo punto (P2) de coordenadas ($M^{Ref}(A1_2), J^{Ref}_0(A1_2), J^{Ref}_{45}(A1_2)$) se realiza a lo largo de la unión más corta entre el primer punto (P1) y el segundo punto (P2);

determinación de los componentes del Vector Potencia P_{Ref} de la prescripción en una multiplicidad de zonas de recorrido de la vista (x, y) en virtud del modelo de distancia al objeto $A1$ (x, y) y de los datos de prescripción obtenidos $VA1_1$ y $VA1_2$,

cálculo u optimización por lo menos de una superficie del cristal para gafa teniendo en cuenta los componentes calculados del vector Potencia P_{Ref} de la prescripción en las zonas de recorrido de la vista (x, y).

2. Método según la reivindicación 1, donde el vector Potencia P_{Ref} es una función lineal de la distancia al objeto $A1$:

$$P_{Ref}(x, y) = f(A1(x, y)) = a + b * A1(x, y) ,$$

y donde a y b son constantes que se calculan en función de los datos de prescripción obtenidos $Sph_V, Zyl_V, Achse_V$ para por lo menos dos distancias al objeto diferentes $A1_1$ y $A1_2$.

3. Método según la reivindicación 1, donde el factor Potencia P_{Ref} es una función no lineal de la distancia al objeto $A1$.
4. Método según una de las reivindicaciones anteriores donde el cálculo o la optimización de por lo menos una superficie del cristal para gafa comprende una minimización de una función de rendimiento

$$Z = \sum_{i=1}^N (K(Ref, Ast) - S(Ref, Ast))_i^2,$$

donde:

$i, i = 1 \dots N$ designa la i -ésima zona de recorrido de la vista (x, y);

$K(Ref, Ast)$ designa el defecto de refracción Ref y el defecto astigmático Ast en la i -ésima zona de recorrido de la vista del cristal para gafa; y

$S(Ref, Ast)$ designa valores teóricos para el defecto de refracción Ref y el defecto astigmático Ast en la i -ésima zona de recorrido de la vista del cristal de cristal para gafa.

- 5
5. Método según la reivindicación 4 que comprende una etapa de especificación de un modelo de acomodación para el éxito de la acomodación Akk como función de la distancia al objeto A1, donde para el defecto de refracción Ref y el defecto astigmático Ast , se tiene:

$$Ast = -2\sqrt{J^{Dif}_0^2 + J^{Dif}_{45}^2},$$

$$Ref = M^{Dif}$$

donde:

$$P_{Dif} = \begin{pmatrix} M^{Dif} \\ J^{Dif}_0 \\ J^{Dif}_{45} \end{pmatrix} = P_{BG+Akk} - P_{Ref},$$

$$P_{BG+Akk} = \begin{pmatrix} M^{BG+Akk} \\ J_0^{BG+Akk} \\ J_{45}^{BG+Akk} \end{pmatrix},$$

$$M^{BG+Akk} = (Sph_{BG+Akk}) + \frac{Zyl_{BG}}{2}$$

$$J^{BG+Akk}_0 = -\frac{Zyl_{BG}}{2} \cos 2Achse_{BG}$$

$$J^{BG+Akk}_{45} = -\frac{Zyl_{BG}}{2} \sen 2Achse_{BG}$$

25 $Sph_{BG}, Zyl_{BG}, Achse_{BG}$, designan la esfera Sph_{BG} , el valor del astigmatismo Ast_{BG} , el eje de astigmatismo $Achse_{BG}$ de un cristal para gafa en posición de uso.

6. Método según la reivindicación 5, donde el éxito de la acomodación Akk es una función lineal de la distancia al objeto A1.
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la dependencia de la distancia al objeto A1 (y) respecto de la coordenada vertical y se describe mediante una función lineal o una función asintótica doble.
8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la dependencia de la distancia al objeto A1 (x) respecto de la coordenada horizontal x se describe mediante una función lineal o una función cuadrática de la distancia respecto del centro del cristal o de la línea principal.

9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde el cristal de gafa a optimizar es un cristal progresivo.

10. Dispositivo para calcular u optimizar un cristal para gafa que comprende

medios de obtención de datos de prescripción, concebidos para calcular datos de prescripción y/o de refracción V_{A11} y V_{A12} de un usuario de gafa para por lo menos dos distancias diferentes al objeto $A1_1$ y $A1_2$ ($A1_1 \neq A1_2$), donde los datos de prescripción comprenden datos relativos al efecto esférico Sph_v , al valor del astigmatismo Zyl_v y al eje del astigmatismo $Achse_v$ para por lo menos dos distancias al objeto diferentes $A1_1$ y $A1_2$;

medios de especificación del modelo de distancia al objeto concebidos para especificar un modelo de distancia al objeto $A1$ (x, y), donde $A1$ designa la distancia al objeto y (x, y) una zona o un punto de recorrido de la vista del cristal para gafa en una dirección de la mirada especificada o especificable;

medios de especificación de un modelo de prescripción, concebidos para especificar una función $P_{Ref} = f(A1)$, que describe la dependencia de un vector de

$$Potencia \quad \mathbf{P}_{Ref} = \begin{pmatrix} M^{Ref} \\ J^{Ref}_0 \\ J^{Ref}_{45} \end{pmatrix}$$

de la prescripción respecto de la distancia respecto de la distancia al objeto $A1$, donde

$$M^{Ref} = Sph_v + \frac{Zyl_v}{2}$$

$$J^{Ref}_0 = -\frac{Zyl_v}{2} \cos 2Achse_v ;$$

$$J^{Ref}_{45} = -\frac{Zyl_v}{2} \sen 2Achse_v$$

donde en un espacio vectorial bidimensional formado por los dos componentes J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} del vector Potencia P_{Ref} , la transición desde un primer punto (P1) de coordenadas ($J^{Ref}_0(A1_1), J^{Ref}_{45}(A1_1)$) a un segundo punto (P2) de coordenadas ($J^{Ref}_0(A1_2), J^{Ref}_{45}(A1_2)$) se realiza a lo largo de la unión más corta entre el primer punto (P1) y el segundo punto (P2); o

donde en un espacio vectorial tridimensional formado por los tres componentes M^{Ref} , J^{Ref}_0 y J^{Ref}_{45} del vector de Potencia P_{Ref} , la transición de un primer punto (P1) de coordenadas ($M^{Ref}(A1_1), J^{Ref}_0(A1_1), J^{Ref}_{45}(A1_1)$) a un segundo punto (P2) de coordenadas ($M^{Ref}(A1_2), J^{Ref}_0(A1_2), J^{Ref}_{45}(A1_2)$) se realiza a lo largo de la unión más corta entre el primer punto (P1) y el segundo punto (P2);

medios de obtención de prescripción concebidos para calcular los componentes del vector Potencia P_{Ref} de la prescripción en una multiplicidad de zonas de recorrido de la vista (x, y) en virtud del modelo de distancia al objeto $A1$ (x, y) y de los datos de prescripción obtenidos $VA1_1$ y $VA1_2$,

medios de cálculo u optimización concebidos para calcular u optimizar por lo menos una superficie del cristal para gafa teniendo en cuenta los componentes obtenidos del vector Potencia P_{Ref} de la prescripción en las zonas de recorrido de la vista (x, y).

11. Producto de programa informático concebido, una vez cargado y realizado en un ordenador, para realizar un método de cálculo u optimización de un cristal para gafa según una de las reivindicaciones 1 a 9.

12. Soporte de datos que contiene un programa informático donde el programa informático está concebido para, una vez cargado y ejecutado en un ordenador, realizar un método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa según una de las reivindicaciones 1 a 9.

13. Método para la fabricación de un cristal para gafa que comprende:

cálculo u optimización de un cristal para gafa según el método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa según una de las reivindicaciones 1 a 9;
fabricación del cristal para gafa así calculado u obtenido.

5 **14.** Dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa que comprende:

medios de cálculo o de optimización concebidos para calcular u optimizar el cristal para gafa según un método para el cálculo o la optimización de un cristal para gafa según una de las reivindicaciones 1 a 9;
medios de elaboración concebidos para elaborar y terminar un cristal para gafa.

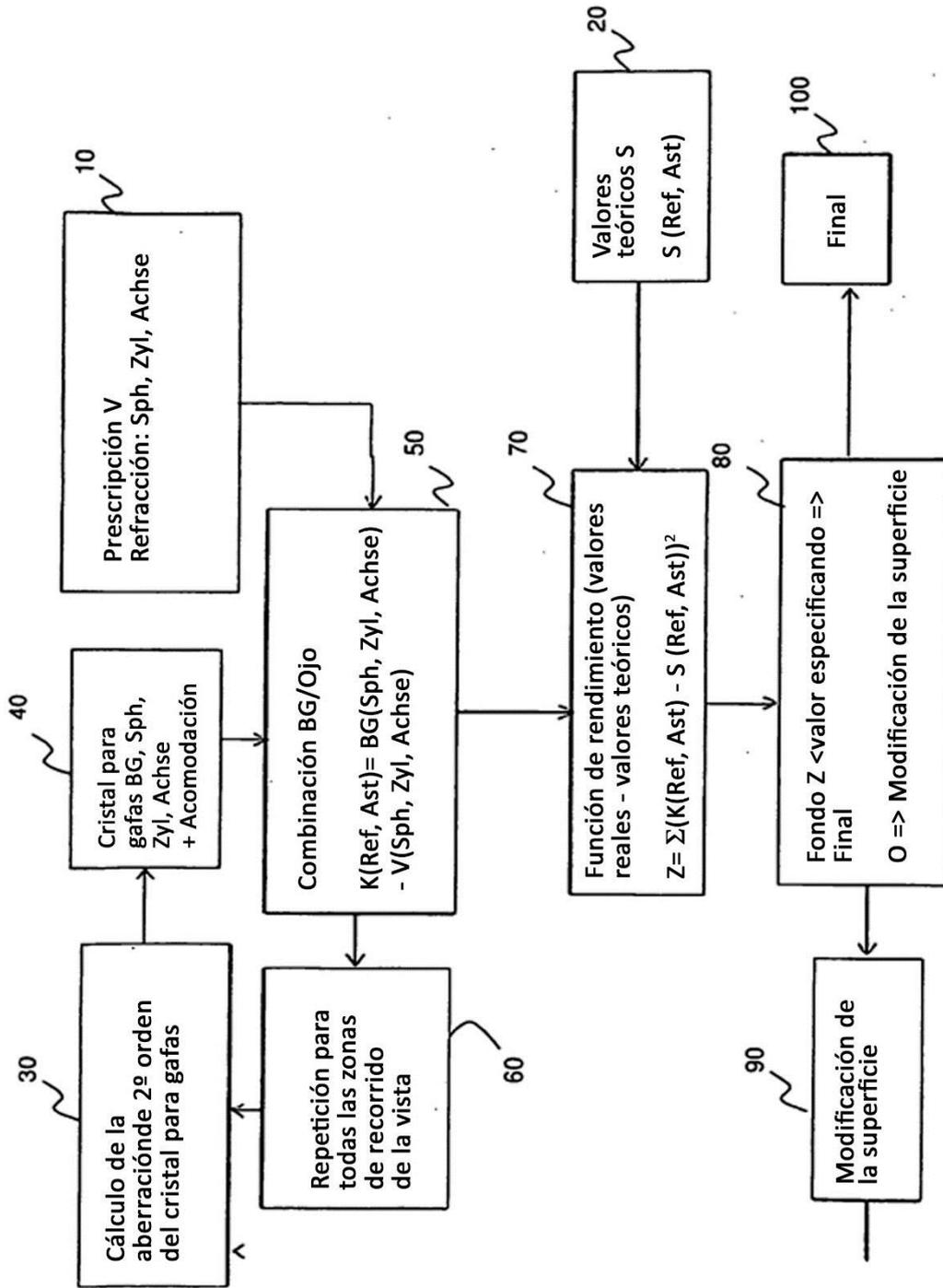


Fig. 1

Hasta ahora estandar:

Prescripción de cerca = Prescripción de lejos + Adicción

	⊕	□	△	⊕	⊕	⊕
Lejos	2.00	1.00	35	4.00	45	2.00
+ Add	1.86	1.25	38	3.70	36	1.78

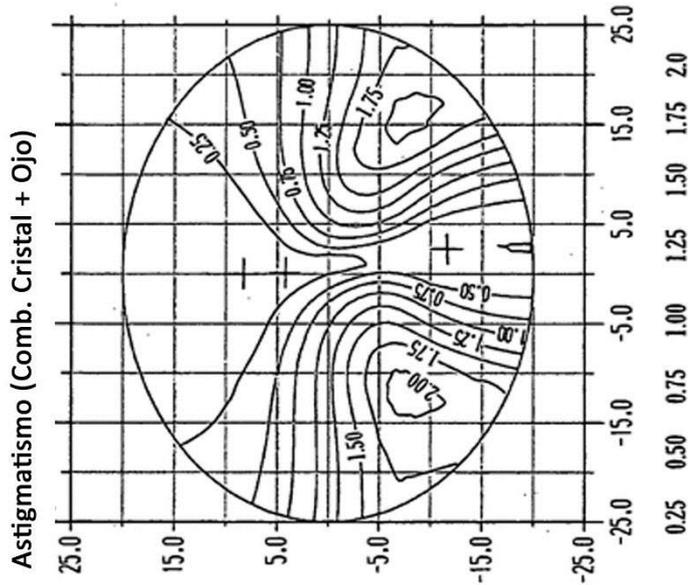
Datos de refracción

Base: Impresión

Lejos: Sph = 0.0 dpt Zyl= 0.0

Adicción 1.5 dpt

Cilindro de cerca Zyl_N = 0.25 dpt Achse 90°



Hasta ahora: Indicación únicamente de Add

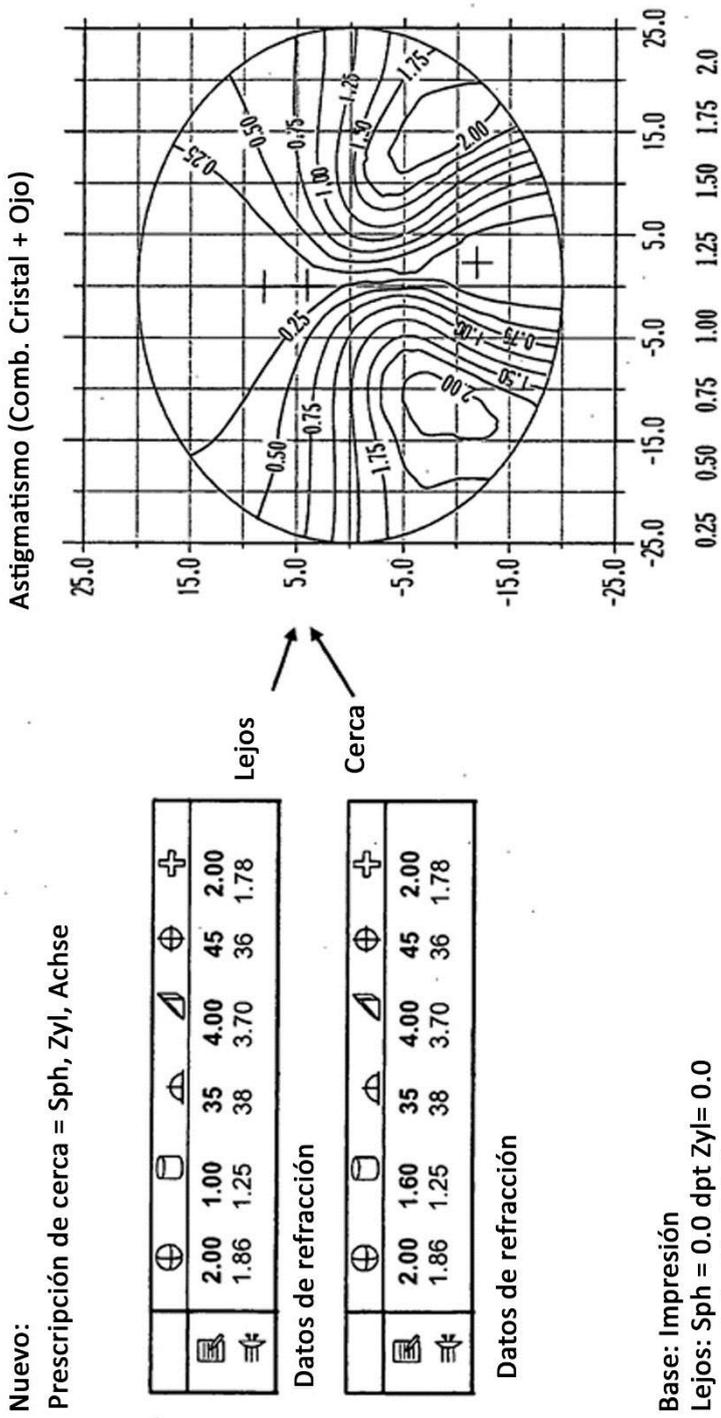
Valor de cerca-BG: Sph +1.5 Zyl 0.0

Valor de cerca-teórico: Sph +1.5 Zyl + .25 A 90°

En la zona de cerca falta 0.125 dpt Adicción

y el cilindro de corrección de 0.25 dpt

Fig. 2



Prescripción individual de cerca

Valor de cerca-BG: Sph +1.5 Zyl + .25 A 90°

Valor de cerca-teórico: Sph +1.5 Zyl + .25 A 90°

Corrección total en la parte de cerca y a lo largo de HBL

La adición es 0.125 dpt superior

Fig. 3

Esfera lejos - cerca

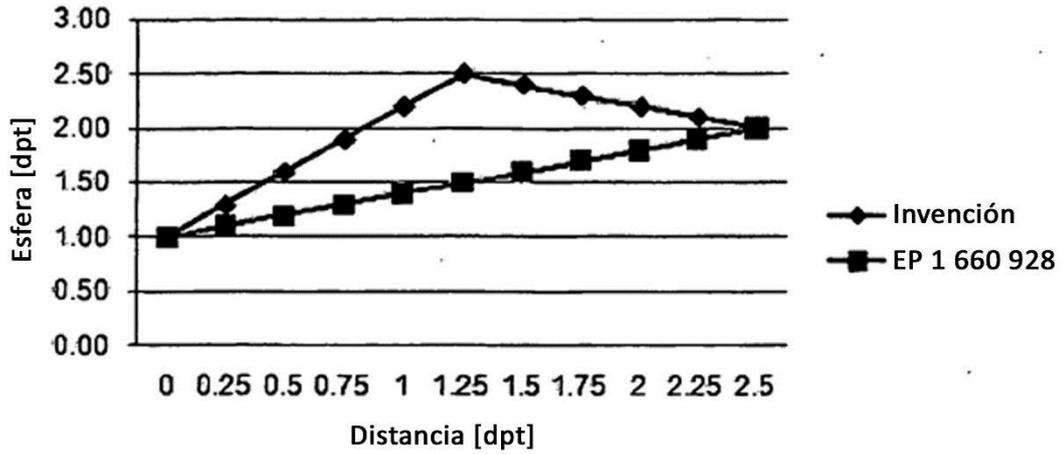


Fig. 4

Cilindro lejos - cerca

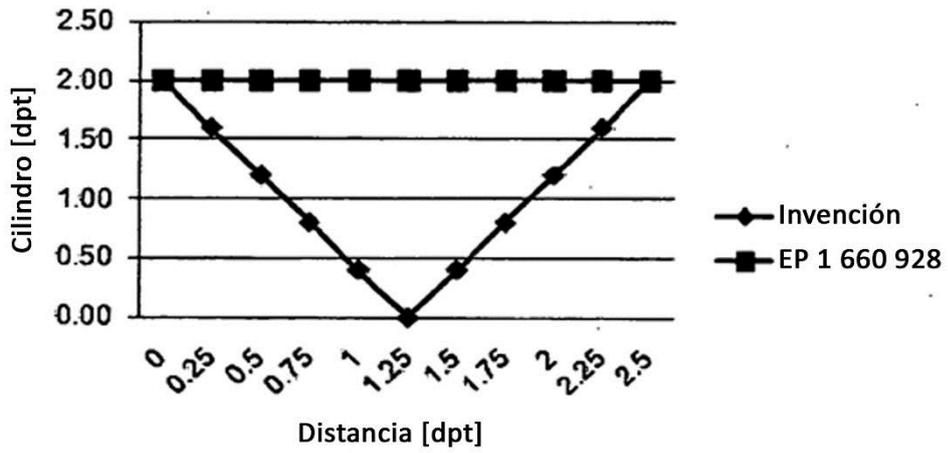


Fig. 5

Eje lejos - cerca

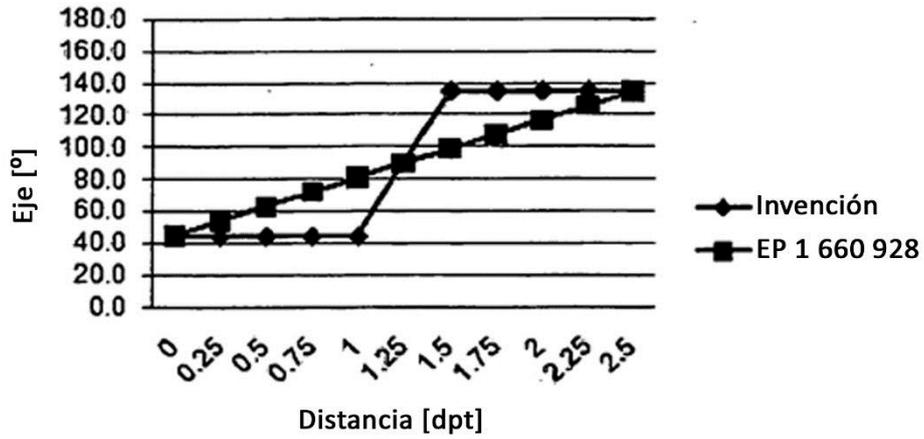


Fig. 6

Sph. Equivalente lejos - cerca

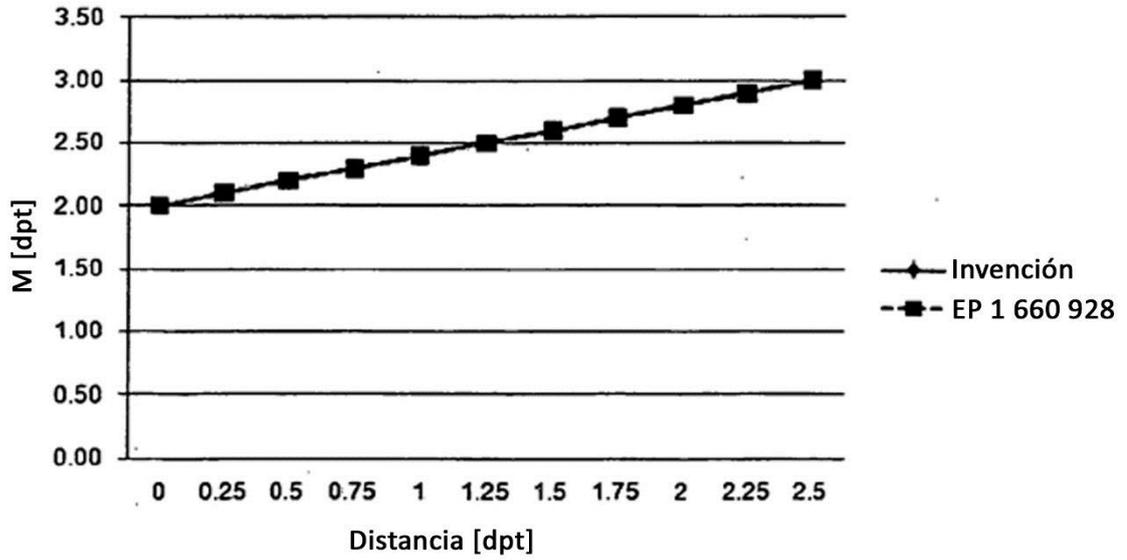


Fig. 7

Cilindro lejos - cerca

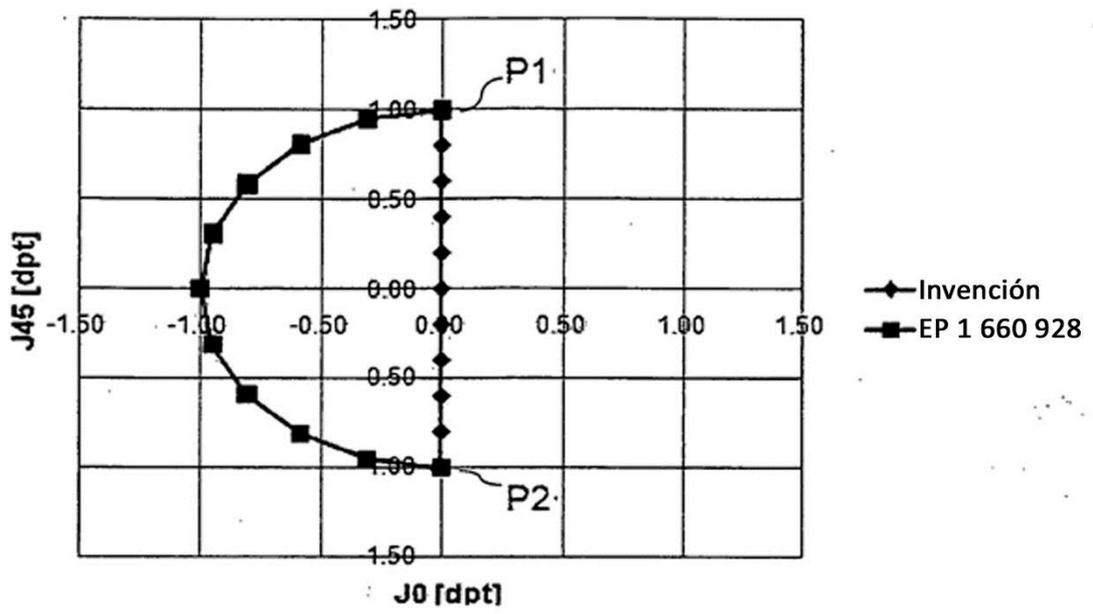


Fig. 8

Agudeza visual con Akk fijo (AV= 1.25)

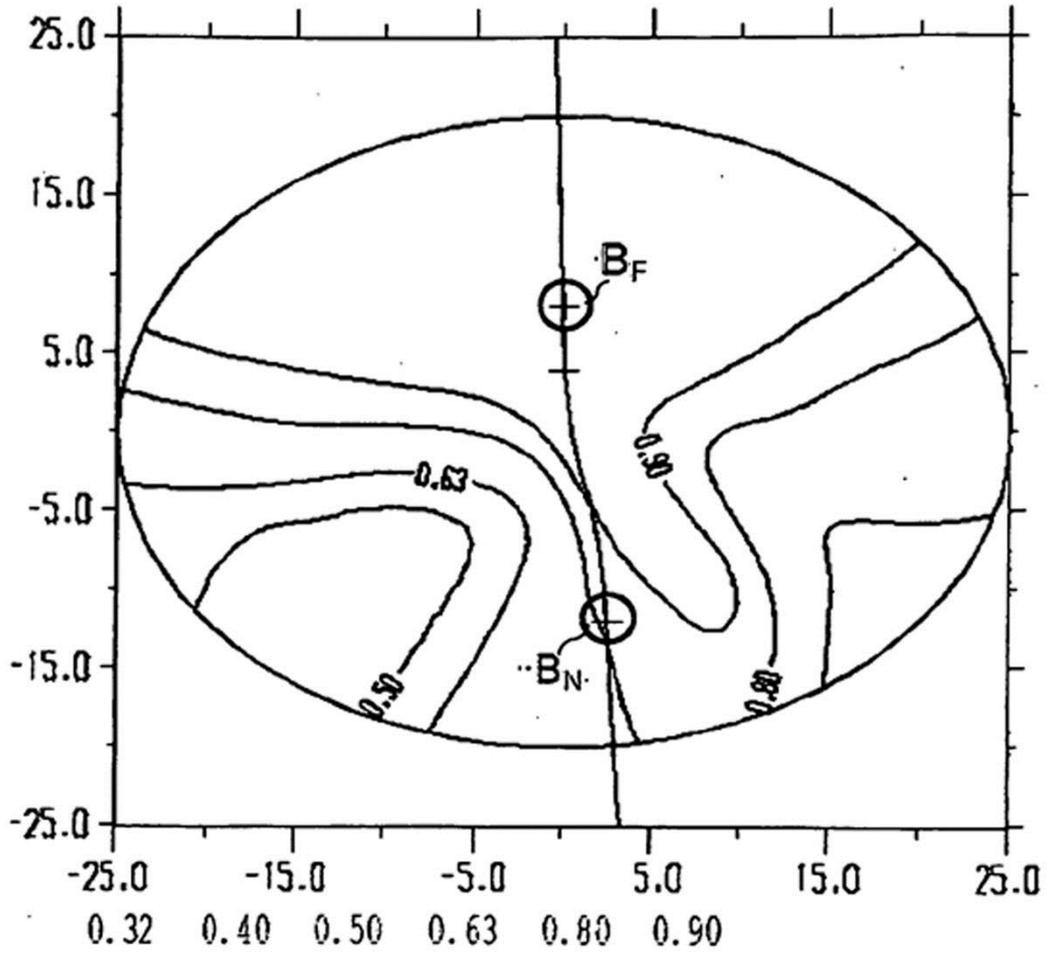


Fig. 9

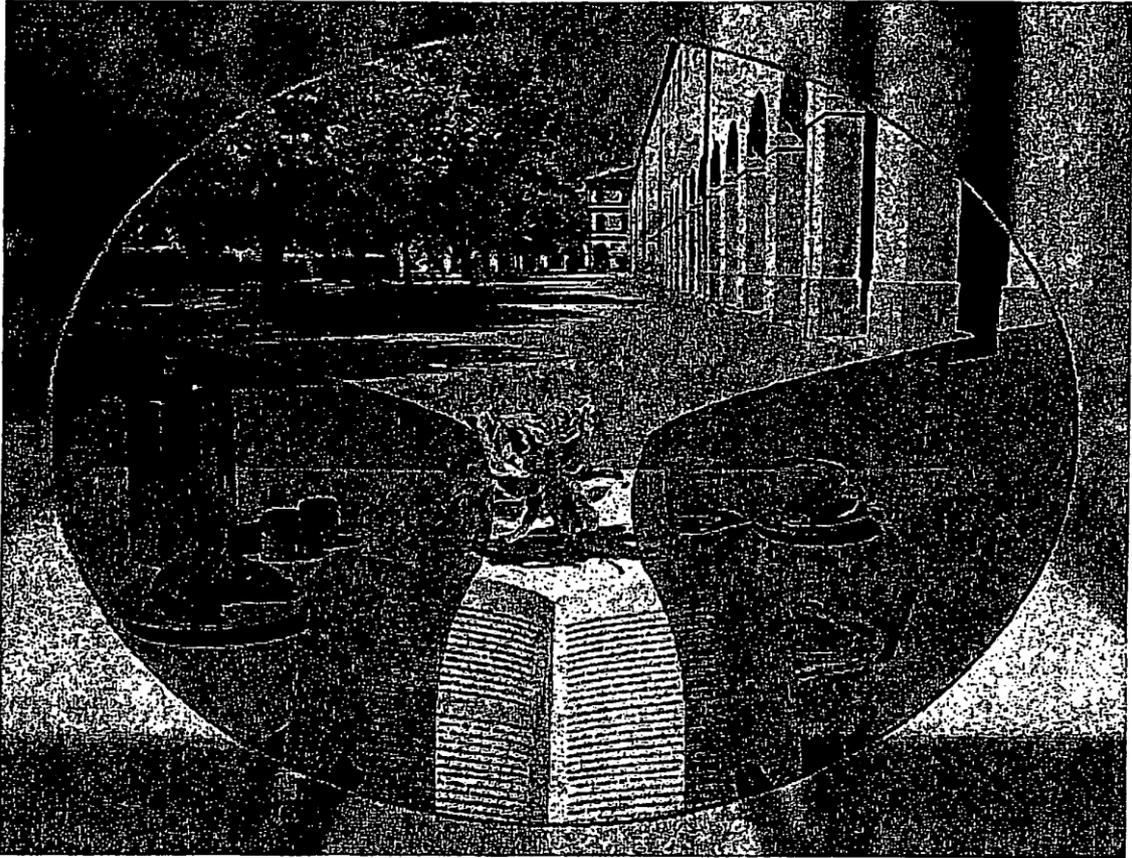


Fig. 10

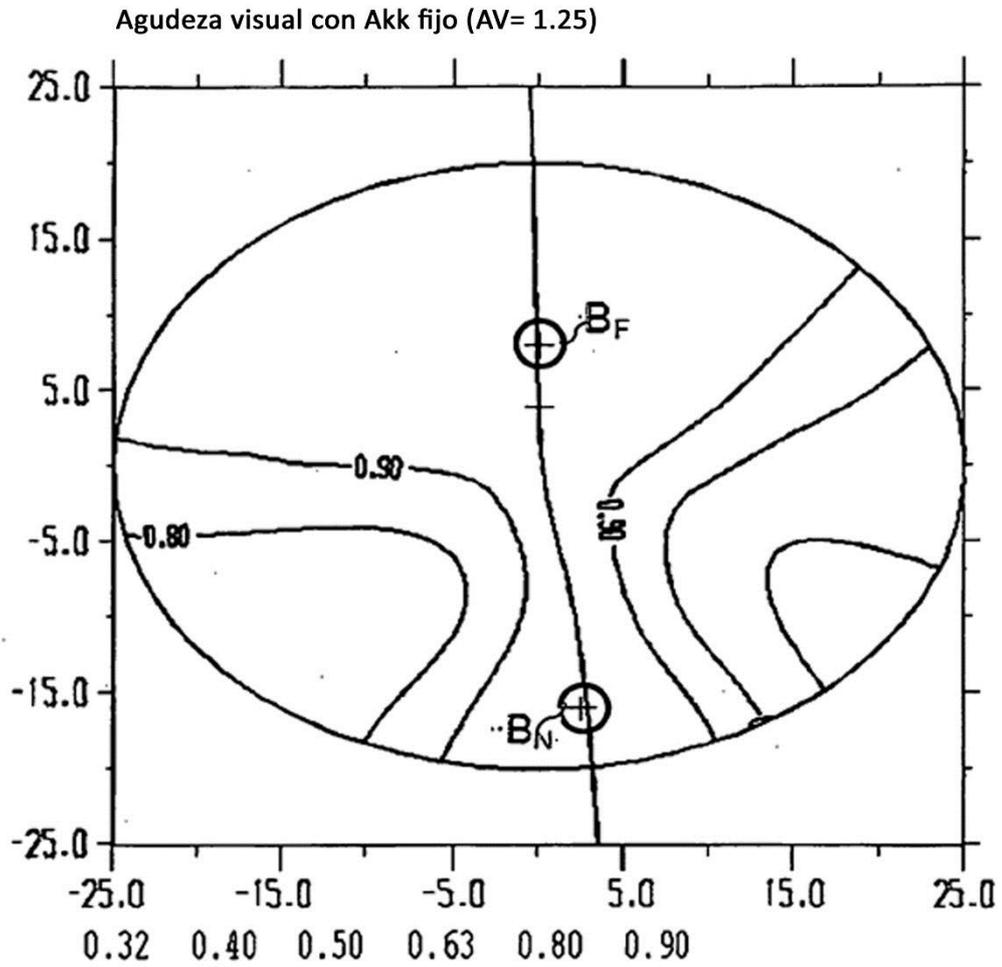


Fig. 11



Fig. 12