

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 510**

51 Int. Cl.:

G02C 7/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2006 PCT/AU2006/001505**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.04.2007 WO07041796**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2006 E 06790375 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 1934648**

54 Título: **Elemento de lente oftálmica para corrección de la miopía**

30 Prioridad:

**12.10.2005 AU 2005905621
07.11.2005 AU 2005906150**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.02.2017

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION AUSTRALIA HOLDINGS LTD. (50.0%)
6 Sherriffs Road
Lonsdale, SA 5160 , AU y
CARL ZEISS VISION INC. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**VARNAS, SAULIUS, RAYMOND;
FISHER, SCOTT, WARREN y
SPRATT, RAY, STEVEN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 599 510 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

Elemento de lente oftálmica para corrección de la miopía

Esta solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Australiana Provisional N° 2005905621 presentada el 12 de Octubre de 2005 y la Solicitud de Patente Australiana Provisional N° 2005906150 presentada el 7 de Noviembre de 2005.

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a elementos de lente oftálmica para corregir la miopía, y a métodos para diseñar tales elementos de lente.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Para proporcionar una visión enfocada, un ojo debe ser capaz de enfocar luz sobre la retina. Sin embargo, la capacidad de un ojo para enfocar luz sobre la retina depende en gran medida de la forma del globo ocular. Si un globo ocular es "demasiado largo" con relación a su longitud focal "en el eje" (lo que significa, la longitud focal a lo largo del eje óptico del ojo), o si la superficie exterior (es decir, la córnea) del ojo está demasiado curvada, el ojo será incapaz de enfocar adecuadamente objetos distantes sobre la retina. De manera similar, un globo ocular que es "demasiado corto" con
15 relación a su longitud focal en el eje, o que tiene una superficie exterior que es demasiado plana, será incapaz de enfocar adecuadamente objetos próximos sobre la retina.

Un ojo que enfoca objetos distantes situados delante de la retina se conoce como un ojo miope. La condición resultante se conoce como miopía, y es usualmente corregible con lentes monofocales apropiadas. Cuando se adaptan a un usuario, las lentes monofocales convencionales corrigen la miopía asociada con la visión central. Lo que significa que,
20 las lentes monofocales convencionales corrigen la miopía asociada con la visión que utiliza la fovea y la para-fovea. La visión central es denominada a menudo como visión foveal.

Aunque, las lentes monofocales convencionales corrigen la miopía asociada con la visión central, una investigación reciente ha mostrado (revisado en R.A. Stone & D.L. Flitcroft 'Ocular Shape and Myopia' (2004) 33(1) Annals Academy of Medicine 7) que las propiedades de longitud focal fuera de eje del ojo a menudo difieren de las longitudes focales axial y paraxial. En particular, los ojos miopes tienden a presentar menos miopía en la región periférica de la retina comparada con su región foveal. Esta diferencia puede deberse a un ojo miope que tiene una forma alargada de cámara vítrea.
25

En efecto, un estudio reciente de los Estados Unidos de Norteamérica (Mutti, D.O., Sholtz, R.I., Friedman and N.E., Zadnik, K., 'Peripheral refraction and ocular shape in children', (2000) 41 Invest. Ophthalmol., Vis. Sci. 1022) ha observado que las refracciones periféricas relativas medias (+/- desviación estándar) en ojos miopes de niños producían +0,80 +/- 1,29 D de equivalente esférico.
30

Curiosamente, estudios con pollos y monos han indicado un desenfoque en la retina periférica sola, permaneciendo la fovea transparente, puede provocar una elongación de la región foveal (Josh Wallman y Earl Smith 'Independent reports to 10th International Myopia Conference' (2004) Cambridge, UK) y la consiguiente miopía.

Desgraciadamente, las lentes convencionales que corrigen la miopía producen aleatoriamente imágenes claras o desenfocadas en la región periférica de la retina. Así, las lentes oftálmicas existentes para corregir la miopía pueden fallar a la hora de eliminar los estímulos para la progresión de la miopía.
35

La descripción de los antecedentes de la presente invención es incluida para explicar el contexto de la invención. Esto no se ha de tomar como una admisión de que cualquiera de los materiales a los que se ha hecho referencia estaba publicado, era conocido o formaba parte del conocimiento general común en la fecha de prioridad de cualquiera de las reivindicaciones.
40

El documento US-A- 2005/0105047 describe métodos y aparatos para alterar la curvatura relativa de campo y la posición de las posiciones focales periféricas fuera del eje. El documento WO96/16621 describe un método de tratamiento y prevención de miopía induciendo aberración esférica positiva en el ojo miope. Otro documento relevante con respecto al perfil refractivo del elemento de lente oftálmica de la invención es la lente descrita en el documento US 5054904, que muestra áreas concéntricas de las cuales la energía refractiva varía de forma monótona hacia la periferia.
45

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un elemento de lente oftálmica que mejora simultáneamente el enfoque en la región foveal y en la región periférica de la retina de un ojo de miope. Por consiguiente, la presente invención está dirigida a un elemento de lente oftálmica que compensa un plano focal variable del ojo de modo que elimine la mayor parte, si no
50 toda, de la falta de definición de la retina, al menos para una posición de visión primaria. Tal compensación elimina un estímulo para la progresión de la miopía y corrige así, o al menos reduce la progresión de la miopía.

Más específicamente, la presente invención proporciona un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1.

Las características preferidas son definidas en las reivindicaciones dependientes.

5 Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la presente invención incluye una superficie frontal (es decir, la superficie en el lado del objeto del elemento de lente) y una superficie posterior (es decir, la superficie más próxima al ojo). Las superficies frontal y posterior están conformadas y previstas para proporcionar las correcciones ópticas respectivas. En otras palabras, las superficies frontal y posterior están conformadas y previstas para proporcionar una potencia de refracción para la zona central y la zona periférica respectivamente.

10 En esta memoria, la potencia de refracción proporcionada por la zona central será denominada como "la potencia de la zona central", mientras que la potencia de refracción proporcionada por la zona periférica será denominada como "la potencia de la zona periférica". La potencia de refracción de la zona central corrige sustancialmente la miopía asociada con la región foveal, mientras que la potencia de refracción de la zona periférica corrige sustancialmente la miopía (o hipermetropía) asociada con la región periférica.

15 En una realización la zona central puede tener una potencia de refracción plana. Tal realización se espera que encuentre aplicación para usuarios que no han desarrollado aún miopía, pero requieren aún una corrección óptica en la región periférica de la retina (por ejemplo, una corrección hipermetrope).

La superficie frontal y la superficie posterior pueden tener cualquier forma adecuada. En una realización, la superficie frontal es una superficie esférica y la superficie posterior es esférica o tórica.

En otra realización, la superficie frontal es una superficie esférica y la superficie posterior es esférica o atórica.

20 En aún otra realización, tanto la superficie frontal como la superficie posterior son esféricas o atóricas. En tal realización, las superficies frontal o posterior pueden estar formadas combinando cualquier combinación adecuada de formas de superficie. Por ejemplo, una superficie frontal (o posterior) esférica o atórica puede ser formada combinando dos superficies elipsoidales de diferentes curvaturas.

25 En aún otra realización, la superficie frontal es una superficie bifocal segmentada y la superficie posterior es una superficie esférica o tórica. En tal realización, la superficie frontal puede incluir, en la zona central, un segmento esférico centrado redondo de potencia de superficie menor que la potencia de la superficie frontal de la zona periférica.

30 La potencia de la zona central y la potencia de la zona periférica corresponden con diferentes requisitos de corrección óptica del usuario. La potencia de la zona central corresponderá típicamente con la corrección óptica en el eje, o paraxial, requerida por el usuario, mientras que, la potencia de la zona periférica corresponderá típicamente con una corrección óptica fuera del eje requerida por el usuario. A este respecto, cuando se hace referencia a la "corrección óptica fuera del eje" requerida por el usuario, queremos decir una corrección óptica que corrige el enfoque en la región periférica de la retina, para una posición de visión en la que el eje óptico del ojo se alinea sustancialmente con el eje óptico de la lente oftálmica.

35 Las correcciones ópticas requeridas pueden ser especificadas en términos de una primera potencia de refracción y una segunda potencia de refracción. En esta descripción, el término "primera potencia de refracción" se refiere a la corrección óptica (típicamente, corrección óptica en el eje o paraxial) especificada para la zona central, mientras que el término "segunda potencia de refracción" se refiere a la corrección óptica (típicamente, la corrección óptica fuera del eje) especificada para la zona periférica.

40 En una realización, la segunda potencia de refracción es una potencia de refracción en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente oftálmica, medida sobre la superficie frontal del elemento de lente, e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

La corrección óptica requerida para la zona periférica puede ser especificada como un valor único de potencia de refracción o un conjunto de valores de potencia de refracción.

45 Cuando se requiere la corrección óptica de la zona periférica es especificada como un valor único, ese valor puede representar la corrección óptica requerida para un ángulo particular de visión periférica. Por ejemplo, un valor único de corrección óptica para la zona periférica puede ser especificado como un valor de una potencia de refracción para la visión periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico de la zona central medida sobre la superficie frontal del elemento de lente. Alternativamente, el valor único puede representar una corrección óptica media requerida para un rango de ángulos de visión periférica. Por ejemplo, el valor único de la corrección óptica para la zona periférica puede ser especificado como un valor de potencia de refracción, para la visión periférica, que se extiende sobre los radios entre 10 mm y 30 mm desde el centro óptico de la zona central medida sobre la superficie frontal del elemento de lente.

50 Donde es especificado como un conjunto de valores, cada valor en el conjunto puede representar una corrección óptica requerida para un ángulo respectivo de visión periférica. Cuando es especificado así, cada conjunto de valores está

asociado con un rango de ángulos de visión periférica.

5 En una realización, los requisitos de corrección óptica fuera del eje del usuario son expresados en términos de mediciones clínicas que caracterizan los requisitos de corrección fuera del eje del usuario. Se puede utilizar cualquier técnica adecuada para obtener esos requisitos incluyendo, pero no estando limitada a, datos Rx o datos A-Scan de ultrasonido.

En una realización, la segunda potencia de refracción proporciona una potencia de refracción positiva (es decir, "una corrección de potencia positiva") con relación a la potencia de refracción de la zona central. En tal realización, la segunda potencia de refracción puede ser del orden de +0,50 D a +2,00 D con relación a la potencia de refracción de la zona central.

10 Cómo se apreciará, la potencia de refracción positiva no es acomodable, y así puede inducir desenfoque sobre la fovea de la retina cuando el ojo gira para ver objetos en la periferia del campo de visión original. En otras palabras, la potencia de refracción positiva puede inducir desenfoque sobre la fovea cuando el usuario mira objetos lejos del eje óptico de la lente (en otras palabras, objetos fuera del eje). Por consiguiente, la zona central está conformada y dimensionada para proporcionar la corrección óptica requerida sobre un rango de rotaciones de ojo de modo que proporcione al usuario la capacidad para ver objetos dentro de un rango angular, haciendo girar el ojo sobre el rango de rotaciones del ojo, sin inducir desenfoque sobre la fovea. En otras palabras, la zona central está conformada y dimensionada para proporcionar un área de potencia de refracción sustancialmente uniforme para soportar la visión foveal clara (de aquí en adelante "visión central") a lo largo de todo un rango angular de rotaciones del ojo.

15 Las "transiciones" de la zona central a la zona periférica mediante una zona de transición de manera que la potencia de refracción media varíe gradualmente en una dirección radialmente hacia fuera desde el límite de la zona central y a la zona periférica. Alternativamente, en un ejemplo no cubierto por la invención la transición entre la zona central y la zona periférica proporciona un cambio escalonado en la potencia de refracción como, por ejemplo, en una lente bifocal segmentada.

20 En una realización, la zona central es una abertura que tiene una forma y dimensión que coincide con la extensión de las rotaciones típicas del ojo del usuario antes de que apliquen a la rotación de la cabeza.

25 La abertura es asimétrica dependiendo de la frecuencia de las rotaciones del ojo en diferentes direcciones. Una abertura que tiene una forma asimétrica es particularmente adecuada para un usuario que tiene un diseño de rotación de ojo diferente para diferentes direcciones de visión. Por ejemplo, un usuario puede tener una tendencia a girar sus ojos (en vez de mover su cabeza) cuando ajusta su dirección de mirada para ver objetos ubicados en una región superior o inferior de su campo visual, pero mueve su cabeza (en vez de girar sus ojos) cuando ajusta su dirección de mirada para ver objetos ubicados en diferentes regiones laterales de su campo visual. Para tal ejemplo, la zona central puede tener una extensión mayor en la dirección nasal inferior para proporcionar una visión clara de cerca. Como se apreciará, como diferentes usuarios pueden tener diferentes diseños de rotación del ojo para diferentes direcciones de visión, diferentes elementos de lente pueden proporcionar diferentes zonas centrales de tamaño y forma.

30 La presente invención proporciona también una serie de elementos de lente oftálmica, incluyendo las series elementos de lente que tienen una asferización periférica diferente para la misma curva base. En una realización, se ha proporcionado una serie de elementos de lente, las series asociadas con una curva base particular que proporciona una potencia periférica que proporciona una corrección de potencia positiva, con relación a la zona central, que oscila desde +0,50 a +2,00 D. Pueden también preverse conjuntos de series de manera que un conjunto proporciona varias series que cubren un rango de curvas base.

35 La presente invención proporciona también un método de acuerdo con la reivindicación 17.

Las características preferidas están definidas en las reivindicaciones dependientes.

40 En una realización, un método de acuerdo con la presente invención puede incluir además: (a) determinar las características del movimiento de la cabeza y del movimiento del ojo del usuario; y (b) dimensionar y conformar la zona central de acuerdo con las características de movimiento de la cabeza y del movimiento del ojo del usuario de manera que la zona central proporciona un área de potencia de refracción sustancialmente uniforme para soportar la visión central a lo largo de todo un rango angular de rotaciones del ojo.

45 La realización del método de la presente invención puede ser realizada por un sistema de tratamiento que incluye hardware y software de ordenador adecuado. Así, la presente invención proporciona también un sistema de acuerdo con la reivindicación 19.

50 Las características preferidas están definidas en las reivindicaciones dependientes.

En una realización, un sistema de acuerdo con la presente invención incluye además: (a) un dispositivo de entrada para aceptar u obtener características del movimiento de la cabeza y el movimiento del ojo para el usuario; y (b) un procesador para modificar el tamaño y la forma de la zona central de acuerdo con las características del movimiento de

la cabeza y del movimiento del ojo del usuario de manera que la zona central proporciona un área de potencia de refracción sustancialmente uniforme para soportar la visión central a lo largo de todo un rango angular de rotaciones del ojo.

5 Se ha considerado que una lente oftálmica de la presente invención eliminará, o reducirá al menos, un posible desencadenante de la progresión de la miopía. Así, también se ha descrito aquí un método para reducir la progresión de la miopía en un miope, incluyendo el método proporcionar, al miope, gafas que soportan un par de elementos de lente oftálmica, cada elemento de lente para un ojo respectivo e incluyendo: (a) una zona central que proporciona una corrección óptica correspondiente con la corrección en el eje para corregir la miopía asociada con la región foveal de un ojo respectivo; y (b) una zona periférica que rodea la zona central, proporcionando la zona periférica una corrección óptica para corregir la miopía o hipermetropía asociada con la región periférica de un ojo respectivo.

10 Se ha descrito también aquí un elemento de lente oftálmica para corregir la miopía, o retardar la progresión de la miopía, en un ojo de un usuario, incluyendo el elemento de lente: una zona central que proporciona visión foveal clara a lo largo de todo un rango angular de rotaciones de ojo; y una zona periférica que rodea la zona central, proporcionando la zona periférica, con relación a la zona central, una corrección óptica de potencia positiva para corregir sustancialmente la miopía o la hipermetropía asociada con una región periférica de la retina del ojo del usuario. En tal realización, la zona central puede proporcionar una potencia de refracción plana, o sustancialmente plana. Una realización que incluye una zona central que tiene una potencia de refracción plana se espera que encuentre aplicación en retardar la progresión de la miopía en jóvenes que no requieren una corrección óptica para la visión foveal.

15 Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con una realización de la presente invención puede ser formulado a partir de cualquier material adecuado. Se puede utilizar un material polimérico. El material polimérico puede ser de cualquier tipo adecuado, por ejemplo, puede incluir un material termoplástico o termoendurecible. Se puede utilizar un material del tipo carbonato de dialil glicol, por ejemplo CR-39 (PPG Industries).

20 El artículo polimérico puede ser formado a partir de composiciones de colada polimérica que se pueden reticular, por ejemplo como se ha descrito en la Patente Norteamericana N° 4.912.155, solicitud de patente Norteamericana N° de serie 07/781.392, las Solicitudes de Patente Australiana 50581/93, 50582/93, 81216/87, 74160/91 y la Memoria de Patente Europea 453159A2.

El material polimérico puede incluir un tinte, preferiblemente un tinte fotocromico, que puede, por ejemplo, ser añadido a la formulación de monómero utilizada para producir el material polimérico.

25 Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con una realización de la presente invención puede incluir además revestimientos adicionales estándar para la superficie frontal o posterior, que incluyen revestimientos electrocromicos.

La superficie de lente frontal puede incluir un revestimiento antirreflectante (AR), por ejemplo del tipo descrito en la Patente Norteamericana N° 5.704.692.

La superficie de lente frontal puede incluir un revestimiento resistente a la abrasión, por ejemplo, del tipo descrito en la Patente Norteamericana N° 4.954.591.

30 Las superficies frontal y posterior pueden incluir además uno o más aditivos convencionalmente utilizados en composiciones de colada tales como inhibidores, tintes incluyendo tintes termocromicos y fotocromicos, por ejemplo, como se ha descrito antes, agentes polarizadores, estabilizadores UV y materiales capaces de modificar el índice de refracción.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

35 Antes de pasar a una descripción de una realización de la presente invención, debería haber alguna explicación de algo del lenguaje utilizado anteriormente ya lo largo de toda la memoria.

40 Por ejemplo, la referencia en esta memoria al término "elemento de lente oftálmica" es una referencia a todas las formas de cuerpos ópticos de refracción individuales empleados en las técnicas oftálmicas incluyendo, pero no estando limitadas a lentes de gafas, obleas de lente para lentes de gafas y piezas elementales de lente semi-acabadas que requieren un acabado adicional a una prescripción de usuario particular de modo que formen lentes de gafas.

Además, con respecto a referencias al término "astigmatismo superficial", tales referencias han de entenderse como una referencia a una medida del grado al cual la curvatura del elemento de lente oftálmica varía entre planos de intersección que son normales a la superficie de la lente en un punto sobre la superficie.

45 A lo largo de toda esta memoria, las referencias al término "región foveal" han de entenderse como una referencia a una región de la retina que incluye la fovea y que está limitada por la parafovea.

A lo largo de toda esta memoria, las referencias al término "región periférica" han de entenderse como una referencia a una región de la retina que está fuera, y rodea, la región foveal.

Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la presente invención corrige simultánea y sustancialmente tanto la visión central como la periférica. La corrección de este tipo se espera que elimine, o al menos retrase, un desencadenante supuesto de progresión de miopía en miopes, particularmente en jóvenes miopes.

5 Muchos ojos miopes parecen ser de forma aproximadamente alargada. Esto implica que una lente monofocal ordinaria que enfoca la imagen sobre la retina en la región foveal enfocará la imagen detrás de la retina en la región periférica. Por lo tanto, para llevar la imagen sobre la retina periférica a foco, la presente invención añade una potencia positiva con relación a la periferia de la lente.

10 Un elemento de lente de acuerdo con la invención proporciona un elemento de lente oftálmica que tiene una zona periférica que proporciona una potencia de refracción positiva (es decir, "una corrección de potencia positiva") con relación a la potencia de refracción de la zona central.

15 Sin embargo, como la potencia de refracción positiva no puede ser acomodada, inducirá desenfoque sobre la fovea de la retina cuando el ojo gira para ver objetos en la periferia del campo original de visión. Para remediar esto, una realización de la presente invención proporciona una zona central que está dimensionada y conformada para proporcionar una corrección óptica que proporcionan al usuario una visión foveal clara sobre una abertura que corresponde con las rotaciones típicas del ojo del usuario. En otras palabras, la zona central proporciona una primera corrección óptica para corregir la miopía asociada con la región foveal del ojo del usuario, y tiene una forma y tamaño que son hechas coincidir, o seleccionadas sobre la base de, características de un movimiento de la cabeza y un movimiento del ojo típicos del usuario.

20 Por lo tanto, la realización proporciona una corrección foveal correcta, no sólo en el centro del elemento de lente, sino también en el área que representa la extensión de las rotaciones del ojo típicas antes de que resulte aplicada a la rotación de la cabeza.

25 El nivel de la corrección de potencia positiva requerida por el usuario variará, dada la gran dispersión en las refacciones periféricas de miopes encontradas por Mutti y col. (2000). Así, en una serie de realizaciones de la presente invención, un número de asferizaciones periféricas están previstas con el rango de correcciones de potencia positiva que van desde +0,50 D a 2,00 D. Por ejemplo, en una serie de realizaciones, hay previstas cuatro asferizaciones periféricas diferentes para cada curva base: 0,5, 1,0, 1,50 y 2,0 D para ser dispensadas a personas que muestran refacciones periféricas hasta el valor umbral de la corrección.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 La presente invención será descrita a continuación en relación a distintos ejemplos ilustrados en los dibujos adjuntos. Sin embargo, debe apreciarse que la siguiente descripción no pretende limitar la generalidad de la descripción anterior.

En los dibujos:

La fig. 1-A es una vista frontal de un elemento de lente oftálmica de acuerdo con un primer ejemplo no cubierto por la invención.

La fig. 1-B es una vista en sección del elemento de lente oftálmica ilustrado en la fig. 1-A;

35 La fig. 2-A es un gráfico que muestra la potencia media de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 1-A;

La fig. 2-B es un gráfico que muestra el astigmatismo de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 1-A;

40 La fig. 2-C es un gráfico que muestra la potencia de superficie tangencial y sagital del elemento de lente mostrado en la fig. 1-A;

La fig. 3-A es una vista frontal de un elemento de lente oftálmica de acuerdo con un segundo ejemplo no cubierto por la invención;

La fig. 3-B es una vista en sección de un elemento de lente oftálmica ilustrado en la fig. 3-A;

45 La fig. 4A es un gráfico que muestra la potencia media de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 3-A;

La fig. 4-B es un gráfico que muestra el astigmatismo de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 3-A;

La fig. 4-C es un gráfico que muestra la potencia de superficie tangencial y sagital del elemento de lente mostrado en la fig. 3-A;

La fig. 5-A es una vista frontal de un elemento de lente oftálmica de acuerdo con un tercer ejemplo no cubierto por la invención;

La fig. 5-B es una vista en sección de un elemento de lente oftálmica ilustrado en la fig. 5-A;

5 La fig. 6-A es un gráfico que muestra la potencia media de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 5-A;

La fig. 6-B es un gráfico que muestra el astigmatismo de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 5-A;

La fig. 6-C es un gráfico que muestra la potencia de superficie tangencial y sagital del elemento de lente mostrado en la fig. 5-A;

10 La fig. 7-A es una vista frontal de un elemento de lente oftálmica de acuerdo con un cuarto ejemplo no cubierto por la invención;

La fig. 8-B es un gráfico que muestra el astigmatismo de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 7-A;

15 La fig. 8-C es un gráfico que muestra la potencia de superficie tangencial y sagital del elemento de lente mostrado en la fig. 7-A;

La fig. 8-D es una serie de gráficos de contorno para el elemento de lente oftálmica representado en la fig. 7-A;

La fig. 9-A es una vista frontal de un elemento de lente oftálmica no de acuerdo con la presente invención como se ha definido en las reivindicaciones adjuntas;

La fig. 9-B es una vista en sección de un elemento de lente oftálmica ilustrado en la fig. 9-A;

20 La fig. 10-A es un gráfico que muestra la potencia media de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 9-A;

La fig. 10-B es un gráfico que muestra el astigmatismo de la superficie frontal del elemento de lente mostrado en la fig. 9-A;

25 La fig. 10-C es un gráfico que muestra la potencia de superficie tangencial y sagital del elemento de lente mostrado en la fig. 9-A;

La fig. 11 es una serie de gráficos de contorno para una realización de un elemento de lente oftálmica que tiene una zona central asimétrica;

La fig. 12 es un diagrama de flujo simplificado de una realización del método de la presente invención; y

La fig. 13 es un diagrama de bloques simplificado de una realización del sistema de la presente invención.

30 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

Ejemplo 1

35 La fig. 1A- ilustra un elemento de lente oftálmica 100 de acuerdo con un ejemplo no cubierto por la invención que tiene una potencia central de -3,00 D y un diámetro de 60 mm. La fig. 1-B representa una vista lateral del elemento de lente 100 a lo largo de la sección A-A' pero es mostrado truncado a un diámetro de 50 mm para ajustarse a una montura de gafas.

40 El elemento de lente oftálmica 100 representado es una lente monofocal 100 esférica que incluye una zona central 102 y una zona periférica 104. Como se ha mostrado en la fig. 1-B, la lente 100 incluye también una superficie frontal 108 y una superficie posterior 110. En el ejemplo ilustrado, la zona central 102 es una zona que está limitada por un contorno de 0,5 D de astigmatismo superficial. En el caso presente, la zona central 102 se extiende radialmente hacia fuera a un límite exterior ubicado en un radio (R_{P1}) de aproximadamente 11 mm.

En la zona central 102, la superficie frontal 108 proporciona una curvatura central de corona de 3,00 D (en un material de lente que tiene un índice de refracción de 1,53) que se extiende fuera a un radio (R_C) de aproximadamente 5 mm. Ese radio corresponde a una rotación de ojo de alrededor 10°. La superficie frontal 108 proporciona también, en la zona periférica 104, una curvatura media marginal de alrededor de 3,5 D a alrededor de un radio (R_{P2}) de 30 mm.

45 A este respecto, cuando se han utilizado a lo largo de toda esta memoria, las referencias al término "curvatura media marginal" han de ser entendidas como una referencia a la curvatura de la parte de la zona periférica que se encuentra fuera de la zona de transición.

Como se ha ilustrado, el elemento de lente oftálmica 100 incluye también una "zona de transición" 106 (mostrada como región sombreada), que se ha mostrado ubicada en la zona periférica 104 y que proporciona una transición gradual en la potencia de refracción desde la potencia de refracción en el límite exterior de la zona central 102 a un radio intermedio (R_B) en la zona periférica 104. En el ejemplo ilustrado, la zona de transición está limitada por un contorno interior de 0,5 D de astigmatismo superficial en un radio (R_{P1}) de aproximadamente 11 mm desde el centro óptico del elemento de lente 100, y un contorno exterior de 0,5 D de astigmatismo superficial en un radio (R_B) de aproximadamente 17 mm desde el centro óptico del elemento de lente 100.

Así, en el ejemplo ilustrado la zona de transición tiene una magnitud radial de $R_B - R_{P1}$. Como se ha representado en la fig. 1-A, la magnitud radial de la zona de transición es menor que el radio (R_{P1}) de la zona central 102.

En el ejemplo representado en las figs. 1-A y 1-B la superficie frontal 108 del elemento de lente oftálmica 100 tiene una forma que ha sido construida combinando dos superficies elipsoidales de diferente curvatura con una función de ponderación $M(r)$ y es definida por la función de altura de superficie:

$$z_0(x, y) = M(r)g_0(\lambda) + (1 - M(r))g_1(\lambda)$$

donde

$$r = \sqrt{x^2 + y^2},$$

$$\lambda = \sqrt{(ax)^2 + (by)^2},$$

y

$$M(r) = \frac{e^{-mr^2}}{1 + nr^p}$$

$$g_0(\lambda) = R_0 - \sqrt{R_0^2 - \lambda^2},$$

$$g_1(\lambda) = R - \sqrt{R^2 - \lambda^2},$$

$$R = R_1(1 - tr),$$

con los parámetros $R_0, R_1 > 0$, y $a, b, m, n, p, t \geq 0$. Si $r = 0$, entonces $M(r) = 1$ y $z_0 = g_0(\lambda)$ que es una superficie elipsoidal con centro $(0, 0, R_0)$ y semiejes $\frac{R_0}{a}, \frac{R_0}{b}$ y R_0 en las direcciones x, y, y z respectivamente. Un argumento similar puede aplicarse para grandes valores de r . Aquí $M(r) \approx 0$ y por tanto $z_0 \approx g_1(\lambda)$ una segunda superficie elipsoidal. Para valores de r entre la función $M(r)$ se confunden las dos superficies elipsoidales juntas. $M(r)$ puede ser cualquier función de ponderación adecuada.

En el presente ejemplo, la forma de las superficies de la lente es controlada por los siguientes parámetros:

- R_0 : el radio de curvatura en el centro de la lente (de aquí en adelante el "radio de la corona").
- R_1 : el radio de curvatura hacia el borde temporal de la lente (de aquí en adelante el "radio marginal").
- a, b : factores de escalado para los ejes x e y en g_0 y g_1 . En este ejemplo, $a = b = 1$ y así una superficie rotacionalmente simétrica es definida a partir de la transición de las dos esferas g_0 y g_1 con radio de curvatura R_0 y R_1 respectivamente. Alternativamente, elegir un valor para $b < 1$ dará como resultado una superficie no rotacionalmente simétrica que es más plana en la dirección y (superficie con forma elipsoidal).
- m, n, p : parámetros que definen la función $M(r)$ y dónde y cómo ocurre rápidamente la transición entre la zona central y la zona periférica. También el valor de estos parámetros puede ser variado para ubicar un anillo o banda umbilical en la zona periférica, o para controlar el tamaño de la región esférica umbilical en el centro de la forma de la superficie.
- t : parámetro para permitir un incremento gradual en la curvatura de la zona periférica cuando aumenta r .

Los valores de los parámetros utilizados para el ejemplo anterior están recogidos en la tabla 1.

Parámetro	Valor
R_0	176,6 mm
R_1	161 mm
t	0,001
m	0
n	0,0000003
p	5,5
a	1,0
b	1,0

Tabla 1

5 Las figs. 2-A a 2-C muestran distintas características de la superficie frontal 108 de la lente 100 (con referencia a la fig. 1) que tienen los parámetros recogidos en la tabla 1. La superficie posterior de la lente es una esfera con potencia de superficie de -8,3 D en un índice de 1,53.

En este ejemplo, el elemento de lente oftálmica 100 proporciona una zona central 102 (con referencia a la fig. 1) que tiene una potencia de refracción de -5,0 D y una zona periférica 104 (con referencia a la fig. 1) que tiene una potencia de refracción de alrededor de -4,5 D. En otras palabras, la zona periférica proporciona una potencia positiva con relación a la zona central.

10 Ejemplo 2

15 La fig. 3-A ilustra otro ejemplo de un elemento de lente oftálmica 200 de acuerdo con un ejemplo no cubierto por la invención. En este ejemplo, el elemento de lente 200 incluye una superficie frontal 108 que tiene la misma curvatura de corona que la lente 100 del Ejemplo 1, pero una curvatura marginal media más elevada correspondiente una corrección óptica de +1,00 D en la zona periférica con relación a la potencia de la zona central. La superficie posterior de este elemento de lente 200 y la potencia de refracción de la zona central 102 son las mismas que para el Ejemplo 1.

La superficie frontal 108 utiliza la misma descripción matemática que el Ejemplo 1, con unos pocos parámetros cambiados como se ha recogido en la tabla 2.

Parámetro	Valor
R_0	176,6 mm
R_1	139,5 mm
t	0,001
m	0
n	0,0000003
p	5,5
a	1,0
b	1,0

Tabla 2

Las figs. 4-A a 4-C muestran distintas características de la superficie frontal 108 de la lente 200.

20 Ejemplo 3

25 La fig. 5-A ilustra un ejemplo de un elemento de lente oftálmica 300 en el material de índice de refracción 1,6 que incluye una superficie frontal 108 que tienen un radio marginal de curvatura de 136,5 mm, y la misma curvatura de corona que en los Ejemplos 1 y 2 correspondiente a una corrección óptica de alrededor de +1,00 D en la zona periférica 104 con relación a la potencia de la zona central 102. Es decir, en este ejemplo, el elemento de lente 300 tiene una curvatura de corona media de 3,40 D, y una curvatura marginal media de 4,39 D en un radio de 20 mm desde el centro de la lente.

La superficie frontal 108 utiliza la misma descripción matemática que en el Ejemplo 1 y en el Ejemplo 2 con unos pocos

parámetros cambiados. Los valores de parámetros revisados son como se ha recogido en la tabla 3.

Parámetro	Valor
R_0	176,67 mm
R_1	136,5 mm
t	0
m	0
n	0,0000028
p	2,5
a	1,0
b	1,0

Tabla 3

Las figs. 6-A a 6-C muestran distintas características de la superficie frontal 108 del elemento de lente oftálmica 300.

5 Como puede verse a partir de los perfiles de potencia tangencial y sagital en la fig. 6-C (y se ha mostrado también aproximadamente en la fig. 5-A), el elemento de lente oftálmica 300 tiene una región de transición 106 mayor, comparado con el elemento de lente oftálmica 100 (con referencia a la fig. 1-A) y al elemento de lente oftálmica 200 (con referencia a la fig. 3-A).

10 Como se ha representado en la fig. 6B, una región de transición 106 mayor ayuda a mantener el valor de pico de astigmatismo sobre la superficie frontal 108 en alrededor de 0,75 D comparado con más de 2,00 D en el Ejemplo 2. Se ha considerado que un valor de pico de astigmatismo inferior hará al elemento de lente oftálmica 300 más fácil para que el usuario se adapte.

Ejemplo 4

15 La fig. 7-A ilustra otro ejemplo de un elemento de lente oftálmica 400. En este ejemplo el elemento de lente oftálmica 400 es fabricado de un material de índice de refracción 1,6 e incluye una superficie frontal 108 que tienen el mismo radio de corona que el elemento de lente 300 del Ejemplo 3, y una curvatura marginal similar en la zona periférica, correspondiente a una corrección óptica de alrededor de +1,00 D en la potencia de la zona periférica 104 con relación a la potencia de la zona central 102.

El elemento de lente 400 tiene una curvatura de corona media de 3,40 D, y una curvatura marginal media de 4,28 D en un radio de 20 mm.

20 En este ejemplo, a diferencia de los ejemplos anteriores, la superficie frontal 108 utiliza una descripción matemática de superficie de malla de elemento finito y ha sido diseñado mezclando una superficie esférica central que tiene una potencia de superficie de 3,40 D con una superficie esférica periférica que tiene una potencia de superficie de 4,28 D en un radio de 20 mm desde el centro de la lente.

La transición ocurre entre los radios de 11 mm y de 50 mm.

25 En el presente caso, un algoritmo de extrapolación continua C2, que minimiza la desviación de la curvatura de superficie desde la de la curvatura marginal, ha sido utilizado para calcular un perfil de superficie de la transición. Se apreciará que no es esencial que un algoritmo de extrapolación C2 sea utilizado ya que cualquier otro algoritmo de extrapolación adecuado puede ser también adecuado.

30 Las figs. 8-A a 8-C muestran distintas características de la superficie frontal 108 del elemento de lente 300. Como puede verse a partir de los perfiles potenciales tangencial y sagital representados en la fig. 8-C, el elemento de lente oftálmica 400 tiene una región central esférica mayor y casi perfecta comparado con los ejemplos anteriores. En este ejemplo, la región central esférica mayor y casi perfecta ayuda proporcionar una visión foveal más clara al usuario hasta valores moderados de rotación del ojo.

35 La fig. 8-D ilustra gráficos de contorno 402, 404, 406 para las potencias de superficie tangencial 402, y sagital 404 así como el astigmatismo superficial 406 (cilindro) de la superficie frontal del elemento de lente oftálmico 400.

Ejemplo 5 (no de acuerdo con la presente invención como se ha definido en las reivindicaciones adjuntas)

La fig. 9-A ilustra un ejemplo de un elemento de lente oftálmica bifocal segmentada 500 de material de índice de refracción 1,6 que incluye una superficie frontal 108 que tiene una curvatura de corona de 3,96 D, y una curvatura

marginal periférica de 5,46 D en un radio de 20 mm desde el centro de la lente, correspondiente a una corrección óptica de +1,50 D en la zona periférica 104 con relación a la zona central 102.

5 En este ejemplo, la superficie frontal 108 está formada de dos segmentos esféricos rotacional simétricos, en particular un primer segmento redondo centrado que define la zona central 102 y un segundo segmento centrado que define la zona periférica 104.

En el presente caso, el primer segmento redondo centrado tiene un radio (R_{P1}) de 14 mm que proporciona una visión foveal clara hasta las rotaciones del ojo de alrededor de 30°. Ha de apreciarse que un radio diferente puede ser utilizado sin salir del marco de la invención.

Las figs. 10-A a 10-C muestran distintas características de la superficie frontal 108 del elemento de lente oftálmica 500.

10 Como se ha mostrado en la fig. 10-B, el segundo segmento centrado tiene astigmatismo superficial cero y además al proporcionar una corrección apropiada para visión periférica, podría ser utilizado también fovealmente para trabajo de cerca, tal como lectura.

Ejemplo 6

15 La fig. 11 ilustra diagramas de gráfico de contorno 602 (tangencial), 604 (sagital), 606 (cilindro) del elemento de lente oftálmica de la invención que incluye una zona central 102 que tiene una forma asimétrica.

Los gráficos de contorno 602, 604, 606, ilustran las potencias de superficie tangencial y sagital así como el astigmatismo superficial (cilindro) de la superficie frontal de un elemento de lente oftálmica de material de índice de refracción 1,6.

20 En el presente caso, la superficie caracterizada por los gráficos de contorno 602, 604, 606 ha sido derivada como una nueva optimización para la superficie original caracterizada por los gráficos de contorno 402, 404, 406 (con referencia a la fig. 8-D) de la superficie frontal del elemento de lente oftálmica 400 con la zona central simétrica 102 del Ejemplo 4.

25 En este ejemplo, sin embargo, y como está representado en el gráfico de contorno 606, la zona central 102 es asimétrica y proporciona un nivel bajo de astigmatismo en un área 608 alargada hacia el lado nasal inferior del elemento de lente oftálmica para reducir la necesidad de girar la cabeza hacia abajo durante el trabajo de cerca. Como resultado, la potencia de superficie media en la zona periférica, a diferentes radios del centro óptico del elemento de lente (medida sobre la superficie frontal de la lente), puede no ser constante a lo largo de todo un radio particular. Sin embargo, la potencia periférica a 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente será al menos de +0,50 D con relación a la potencia de superficie en el centro óptico de la zona central e inscribe, sobre cada radio, la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

30 La fig. 12 es un diagrama de flujo simplificado de una realización de un método de la presente invención. Como se ha mostrado, una realización del método incluye la operación 1202 de obtener un valor de corrección óptica en el eje del usuario. Como se ha explicado previamente, un valor de corrección óptica en el eje es un valor requerido para visión central clara. La corrección óptica en el eje puede ser obtenida utilizando técnicas y dispositivos de medición convencionales que son conocidos en la técnica.

35 En la operación 1204, se obtienen el valor o valores de corrección óptica fuera del eje del usuario. Como se ha explicado previamente, un valor de corrección óptica fuera del eje es una corrección óptica requerida para corregir errores de refracción periférica en el ojo del usuario, y así para corregir la miopía o hipermetropía asociada con una región periférica de la retina del ojo del usuario.

40 La corrección óptica fuera del eje puede ser obtenida utilizando técnicas y dispositivos de medición convencionales conocidos en la técnica, tales como un auto-refractor Shin-Nippon configurado para medir la refracción periférica en un ojo del usuario para un eje de medición alineado con una dirección diferente a la dirección primaria de mirada del usuario. Una técnica adecuada es descrita en David A. Atchison y col., 'Peripheral Refraction along the Horizontal and Vertical Visual Fields in Myopia' (2006) 46 Vision Research 1450, cuyas descripciones proporcionan a un lector experto un ejemplo de un dispositivo adecuado.

45 En la operación 1206, un elemento de lente oftálmica es seleccionado o diseñado de acuerdo con los valores medidos de modo que incluya una zona central que proporciona una corrección óptica correspondiente con la corrección en el eje; y una zona periférica que rodea la zona central, proporcionando la zona periférica una corrección óptica correspondiente con la corrección fuera del eje. Como se ha explicado previamente, además de proporcionar una corrección óptica deseada en las zonas central y periférica, esas zonas pueden tener también una forma y tamaño que depende del patrón típico de rotación del ojo del usuario.

50 La selección o diseño del elemento de lente oftálmica puede ser realizado por un sistema que incluye un ordenador programado equipado con software de ordenador adecuado. Un ejemplo de tal sistema 1300 es representado en la fig. 13.

Como se ha ilustrado en la fig. 13, el sistema 1300 incluye uno o más dispositivos de entrada 1302-A, 1302A para aceptar u obtener valores de corrección óptica para un usuario. Los valores de corrección óptica incluyen un valor requerido de una corrección óptica en el eje para corregir la miopía asociada con la región foveal del ojo del usuario, y un valor requerido de corrección óptica fuera del eje para corregir la miopía o hipermetropía asociada con una región periférica de la retina del ojo del usuario.

Los dispositivos de entrada 1302-A, 1302-B incluirán típicamente dispositivos convencionales para medir la corrección óptica en el eje requerida del usuario y la corrección óptica fuera del eje requerida por el dispositivo del usuario. Un dispositivo de entrada adecuado para medir una corrección óptica fuera del eje requerida del usuario es un instrumento Hatmann-Chack configurado para medir aberraciones frontales de onda periférica en un ojo del usuario para un eje de medición alineado con la dirección de la ubicación de retina preferida del usuario. Otro dispositivo adecuado es un auto-refractor de campo abierto, tal como, por ejemplo, un auto-refractor vendido bajo la marca Shin-Nippon SRW-5000 o Shin Nippon NVision K5001.

El sistema 1300 incluye también un procesador 1304 para recibir y tratar los valores de corrección óptica del usuario para seleccionar o diseñar un elemento de lente oftálmica de acuerdo con los valores requeridos de corrección en el eje y fuera del eje. En el ejemplo ilustrado, el procesador 1304 es un ordenador programado equipado con software de ordenador adecuado. Ejemplos de ordenadores adecuados incluyen un ordenador de sobremesa, un ordenador de mano, un ordenador portátil, o un asistente digital personal.

Cuando el elemento de lente oftálmica ha de incluir una zona central que tiene una forma y tamaño que se corresponde con el patrón típico de usuario de rotación del eje, los dispositivos de entrada 1302-A, 1302-B pueden incluir además un dispositivo para recibir u obtener las características de movimiento de cabeza y de movimiento de ojo para el usuario, tal como, por ejemplo, un sistema de seguimiento de ojo del tipo descrito en la Patente Norteamericana N° 6.827.443. En tal caso, el procesador 1304 incluirá también funcionalidad adicional para modificar el tamaño y la forma de la zona central de acuerdo con las características de movimiento de la cabeza y de movimiento del ojo del usuario de manera que la zona central proporcione un área de potencia de refracción sustancialmente uniforme para soportar la visión central a lo largo de todo un rango angular de rotaciones de ojo.

Los ejemplos anteriores describen el uso de parámetros específicos y geometrías de superficie específicas. Sin embargo, se apreciará que la invención no va ha de limitarse a ellos. La solicitante considera que pueden ser utilizadas también otras geometrías de superficie y otros parámetros para diseñar o dispensar un elemento de lente de acuerdo con la presente invención. A modo de ejemplos no limitativos, tales otros parámetros pueden incluir:

- Aberración cromática: por ejemplo, como la periferia de la fovea tiene relativamente pocos conos y más bastones puede ser más importante mantener una longitud de onda particular enfocada, así el diseño del elemento de lente puede tener en cuenta parámetros que proporcionan un enfoque selectivo de la longitud de onda. Puede ser necesario también tener materiales de aberración cromática baja.
- Error de potencia sagital (S) frente a tangencial (T): por ejemplo, puede resultar necesario mantener pesos de optimización S y T casi radicalmente diferentes.
- Relaciones de medidas clínicas a la lente: por ejemplo, se ha anticipado que un aberrómetro de onda frontal puede ser utilizado para muestrear errores ópticos desde una ubicación foveal a través de una ubicación periférica para caracterizar más completamente los errores fuera del eje del ojo. Una vez que las aberraciones de onda frontal han sido caracterizadas, la minimización del punto de desenfoco deseada es aplicada para entregar correcciones apropiadas a todo el campo de visión del ojo. Esas muestras pueden ser traducidas, utilizando relaciones apropiadas, de manera que caractericen la forma y o corrección o correcciones fuera del eje del ojo.

Finalmente, se comprenderá que puede haber otras variaciones y modificaciones a las configuraciones descritas en este documento que están también dentro del marco de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento de lente oftálmica para corregir la miopía en un ojo de un usuario, teniendo el elemento de lente una superficie frontal, un eje óptico y un centro óptico, incluyendo el elemento de lente:

5 a) una zona central que proporciona una primera corrección óptica para corregir sustancialmente la miopía asociada con la región foveal del ojo del usuario, comprendiendo la zona central un área para soportar la visión central sobre un rango angular de rotación del ojo para direcciones de visión lejos del eje óptico, en que la zona central tiene una forma asimétrica alrededor del centro óptico de la zona central para permitir la distribución asimétrica de la frecuencia de rotaciones del ojo; y

10 b) una zona periférica que rodea la zona central, proporcionando la zona periférica una segunda corrección óptica para corregir sustancialmente la miopía o hipermetropía asociadas con una región periférica de la retina del ojo del usuario;

15 en el que la primera corrección óptica es especificada como una primera potencia de refracción y la segunda corrección óptica es especificada como una segunda potencia de refracción y en el que la segunda potencia de refracción proporciona una corrección de potencia positiva con relación a la primera potencia de refracción, en que la primera potencia de refracción está ubicada en el centro óptico del elemento de lente oftálmica, en que el valor medio de la segunda potencia de refracción es una potencia de refracción media en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente oftálmica, medida sobre la superficie frontal del elemento de lente, e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados, y en que la segunda potencia de refracción es del orden de +0,50 D a +2,0 D con relación a la primera potencia de refracción,

20 y en que la zona central se confunde con la zona periférica mediante una zona de transición.

2. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la potencia de refracción en la zona central es del orden de desde plana hasta -6,00 D.

3. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la potencia de refracción en la zona central es del orden de desde plana hasta -4,00 D.

25 4. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la zona central es una zona limitada por un contorno de 0,5 D de astigmatismo superficial frontal.

5. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que, dentro de la zona central, la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D.

30 6. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia de refracción media de la zona periférica es del orden de +0,50 D a +2,0 D con relación a la potencia de refracción en el centro óptico de la zona central.

35 7. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia de refracción media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +0,50 D con relación a la potencia de refracción en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

40 8. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia de refracción media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +1,00 D con relación a la potencia de refracción en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

45 9. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia de refracción media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +1,50 D con relación a la potencia de refracción en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

50 10. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia de refracción media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +2,00 D con relación a la potencia de refracción en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

11. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia

superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia superficial media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +0,50 D con relación a la potencia superficial en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

5 12. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia superficial media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +1,00 D con relación a la potencia superficial en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

10 13. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia superficial media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +1,50 D con relación a la potencia superficial en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

15 14. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dentro de la zona central la potencia superficial de la superficie frontal varía en menos de 0,5 D, y en el que la potencia superficial media de la zona periférica en un radio de 20 mm desde el centro óptico del elemento de lente medida sobre la superficie frontal de la lente, es al menos de +2,00 D con relación a la potencia superficial en el centro óptico de la zona central e inscribe la zona periférica sobre una extensión acimutal de al menos 270 grados.

20 15. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la zona de transición se extiende radialmente hacia afuera desde el límite de la zona central y a la zona periférica, y en el que la extensión radial de la zona de transición, es menor que el radio de la zona central para una visión foveal clara.

16. Un elemento de lente oftálmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el elemento de lente comprende una pieza elemental de lente de gafas semiacabada o una oblea de lente de gafas.

25 17. Un método para diseñar un elemento de lente oftálmica para corregir la miopía en un ojo de un usuario, teniendo el elemento de lente una superficie frontal, un eje óptico y un centro óptico, incluyendo el método:

(a) obtener, para el usuario:

(i) un valor requerido de una corrección óptica en el eje, la corrección óptica en el eje para corregir la miopía asociada con la región foveal del ojo del usuario; e

30 (ii) un valor requerido de corrección óptica fuera del eje, la corrección óptica fuera del eje para corregir la miopía o hipermetropía asociada con una región periférica de la retina del ojo del usuario;

(b) diseñar el elemento de lente oftálmica de acuerdo con los valores de corrección en el eje y fuera del eje, incluyendo el elemento de lente oftálmica:

35 (i) una zona central que proporciona una primera corrección óptica que corresponde con la corrección óptica en el eje, comprendiendo la zona central un área para soportar la visión central sobre un rango angular de rotación del ojo para direcciones de visión lejos del eje óptico; e

40 (ii) una zona periférica que rodea la zona central, proporcionando la zona periférica una segunda corrección óptica correspondiente con la corrección óptica fuera del eje y, en la que la primera corrección óptica es especificada como una primera potencia de refracción y la segunda corrección óptica es especificada como una segunda potencia de refracción y en la que la segunda potencia de refracción proporciona una corrección de potencia positiva con relación a la primera potencia de refracción.

18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, que incluye además:

(c) determinar las características de movimiento de la cabeza y del movimiento del ojo del usuario; y

45 (d) dimensionar y conformar la zona central de acuerdo con las características de movimiento de la cabeza y del movimiento del ojo del usuario de manera que la zona central proporcione un área de potencia de refracción sustancialmente uniforme para soportar la visión central a lo largo de un rango angular de rotaciones del ojo.

19. Un sistema para dispensar o diseñar un elemento de lente oftálmica para corregir la miopía en un ojo de un usuario, teniendo el elemento de lente una superficie frontal, un eje óptico y un centro óptico, incluyendo el sistema:

50 (a) un dispositivo de entrada para aceptar u obtener valores de corrección óptica para un usuario, incluyendo los valores de corrección óptica:

- (i) un valor requerido de corrección óptica en el eje, la corrección óptica en el eje para corregir la miopía asociada con la región foveal del ojo del usuario; e
 - (ii) un valor requerido de corrección óptica fuera del eje, la corrección óptica fuera del eje para corregir la miopía o hipermetropía asociada con una región periférica de la retina del ojo del usuario; y
- 5 (b) un procesador para tratar los valores de corrección óptica del usuario para seleccionar o diseñar un elemento de lente oftálmica de acuerdo con los valores de corrección en el eje y fuera del eje, incluyendo el elemento de lente oftálmica:
- (i) una zona central que proporciona una primera corrección óptica correspondiente con la corrección en el eje, comprendiendo la zona central un área para soportar la visión central sobre un rango angular de rotación del ojo para direcciones de visión lejos del eje óptico; y
 - (ii) una zona periférica que rodea la zona central, proporcionando la zona periférica una segunda corrección óptica correspondiente con la corrección fuera del ojo; en la que la primera corrección óptica es especificada como una primera potencia de refracción y la segunda corrección óptica es especificada como una segunda potencia de refracción y en la que la segunda potencia de refracción proporciona una corrección de potencia positiva con relación a la primera potencia de refracción.
- 10
- 15
20. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 19, que incluye además:
- (a) el dispositivo de entrada para recibir u obtener las características del movimiento de la cabeza y del movimiento del ojo para el usuario; y
 - (b) el procesador para modificar el tamaño y la forma de la zona central de acuerdo con las características del movimiento de la cabeza y del movimiento del ojo del usuario de manera que la zona central proporciona un área de potencia de refracción sustancialmente uniforme para soportar la visión central a lo largo de un rango angular de rotaciones del ojo.
- 20
21. Un programa de software de ordenador que hace que un ordenador ejecute un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 17 o 18.
- 25 22. Una memoria legible por ordenador que contiene un programa de software de ordenador de acuerdo con la reivindicación 21.

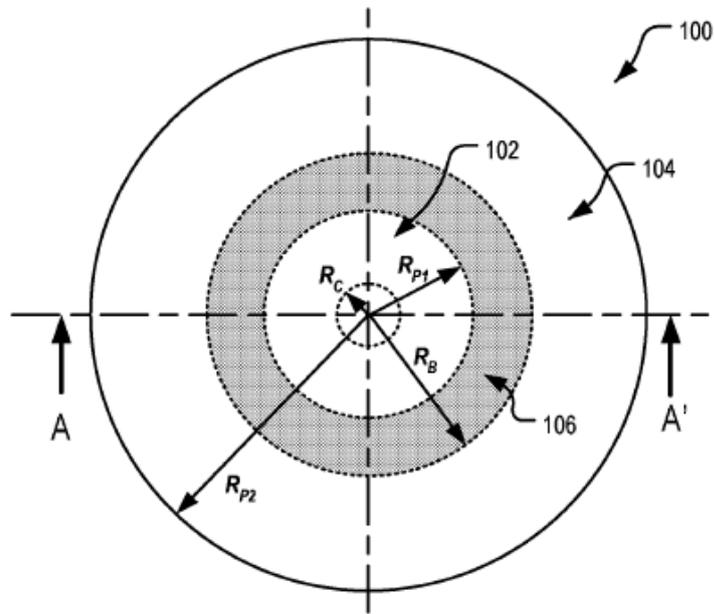
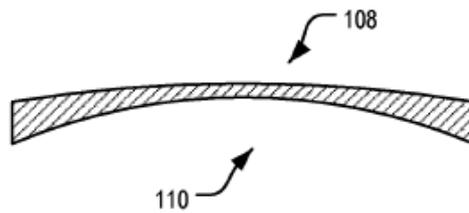


FIG. 1-A



SECCIÓN A-A'

FIG. 1-B

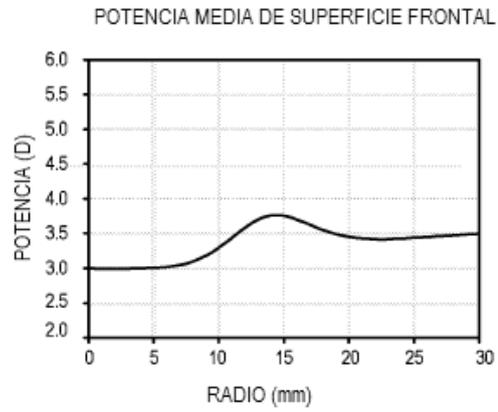


FIG. 2-A

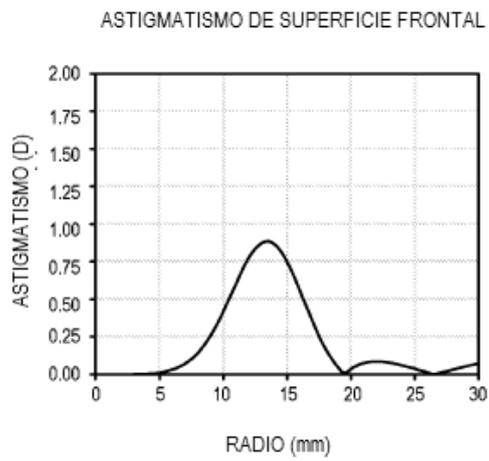


FIG. 2-B

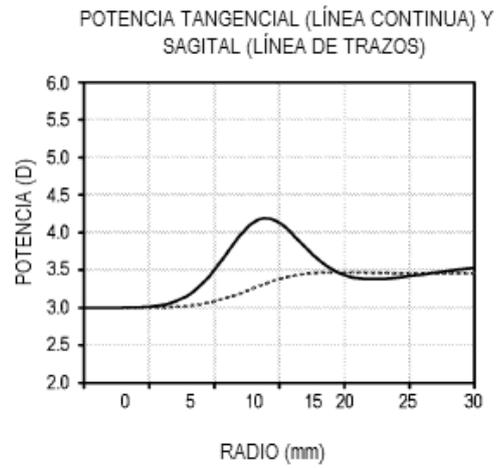


FIG. 2-C

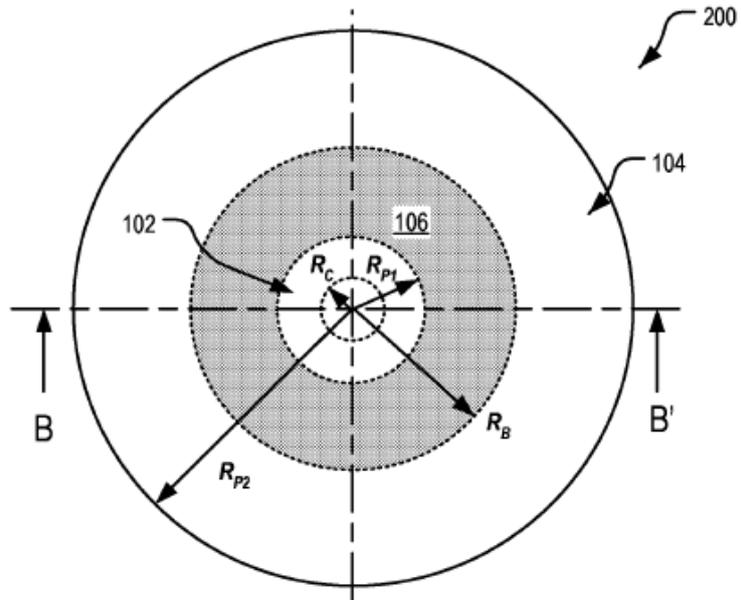


FIG. 3-A

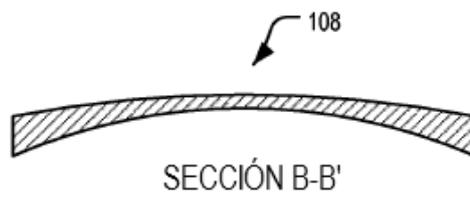


FIG. 3-B

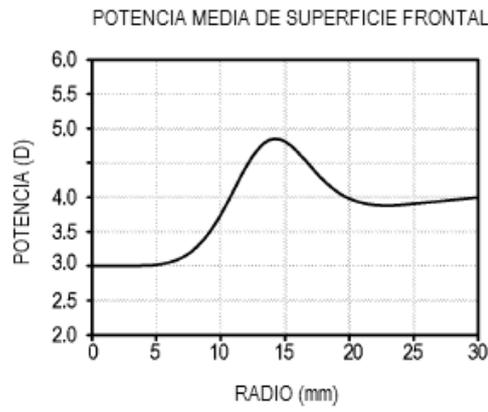


FIG. 4-A

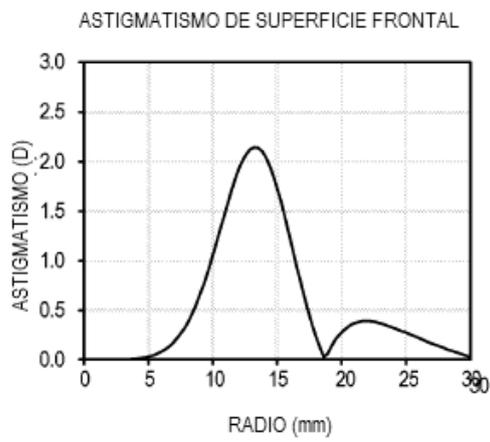


FIG. 4-B

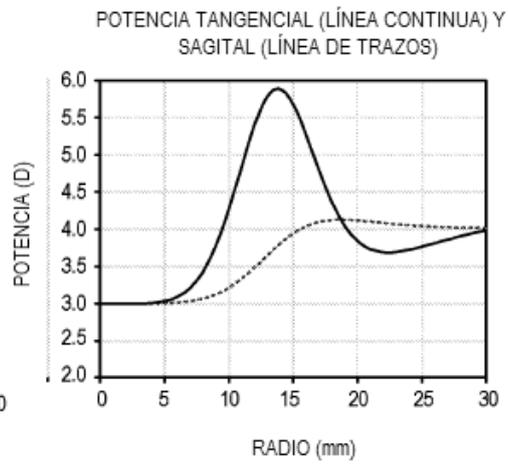


FIG. 4-C

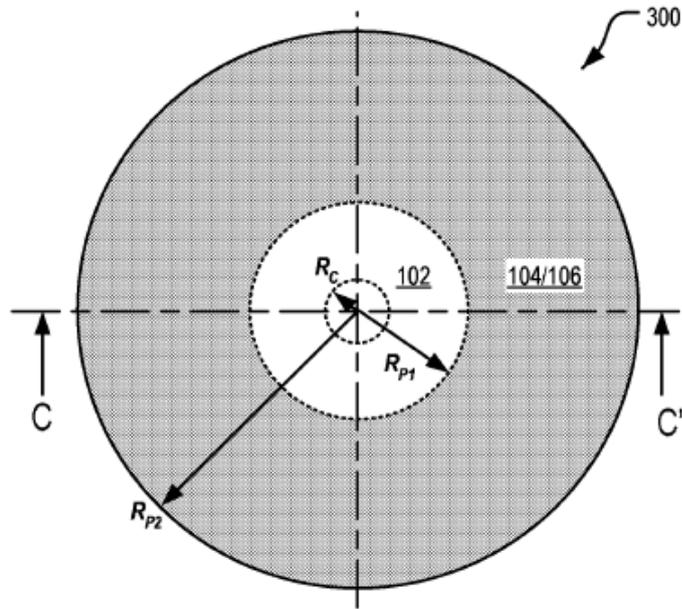


FIG. 5-A

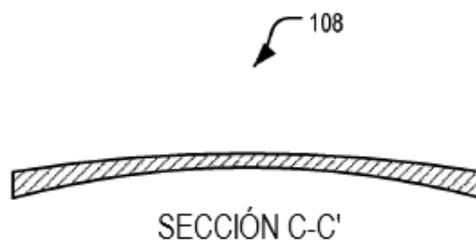


FIG. 5-B

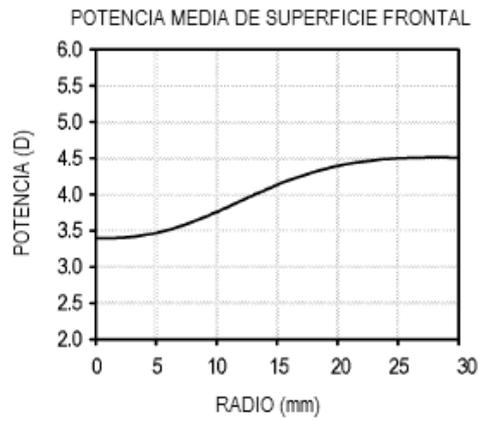


FIG. 6-A

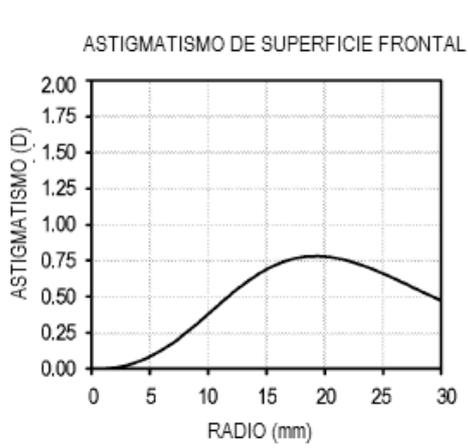


FIG. 6-B

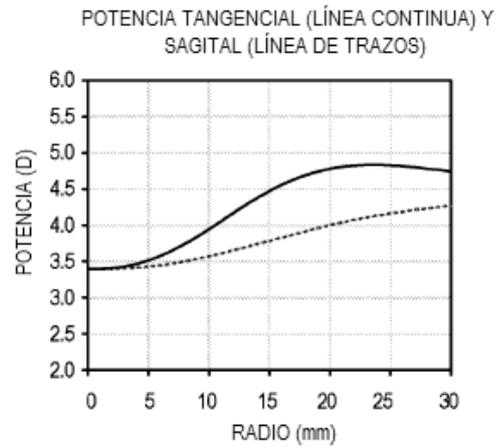


FIG. 6-C

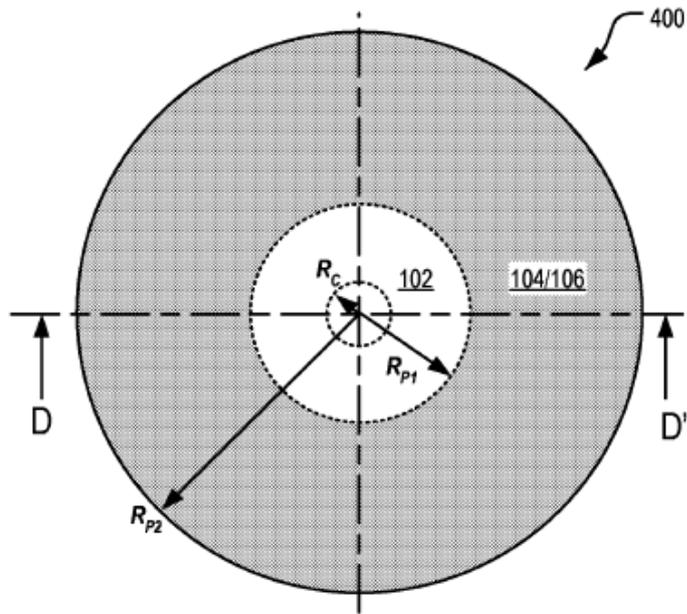


FIG. 7-A

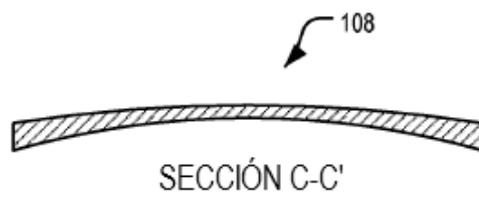


FIG. 7-B

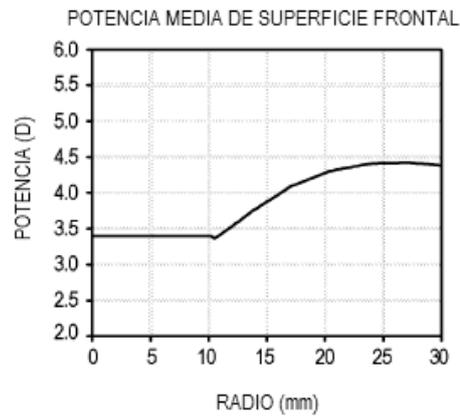


FIG. 8-A

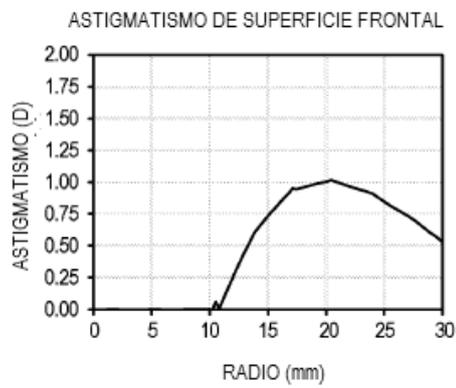


FIG. 8-B

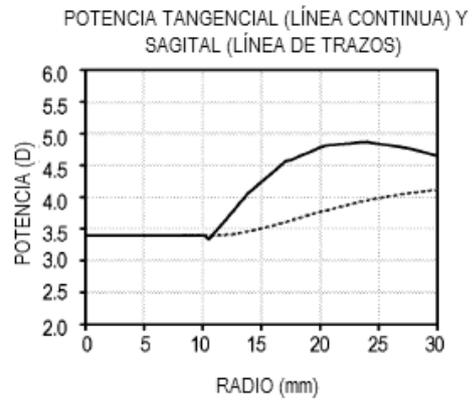


FIG. 8-C

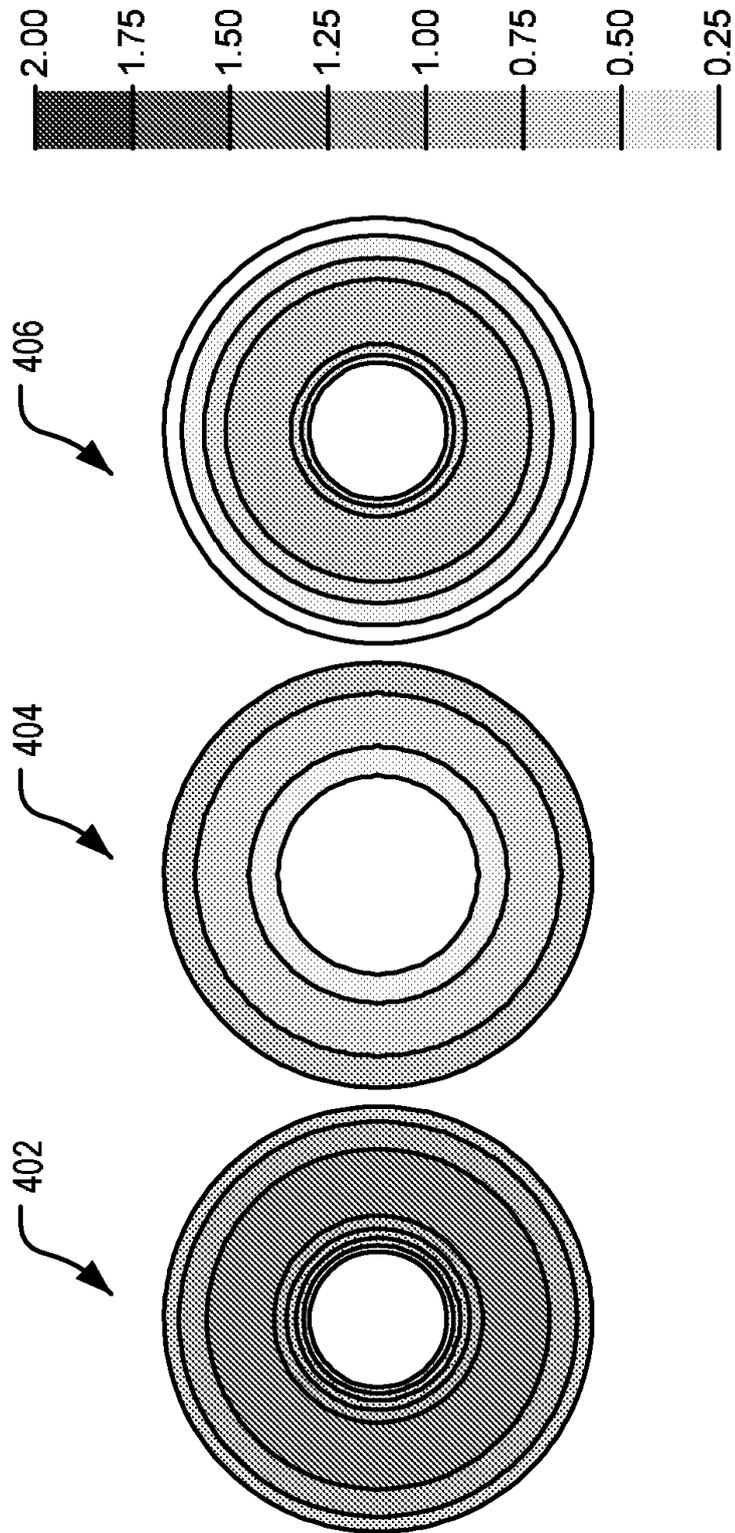


FIG. 8-D

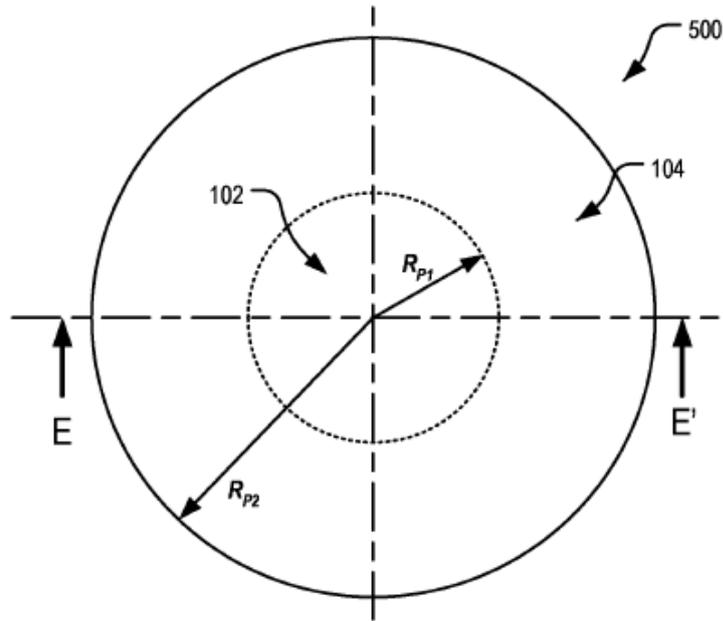


FIG. 9-A



SECCIÓN E-E'

FIG. 9-B

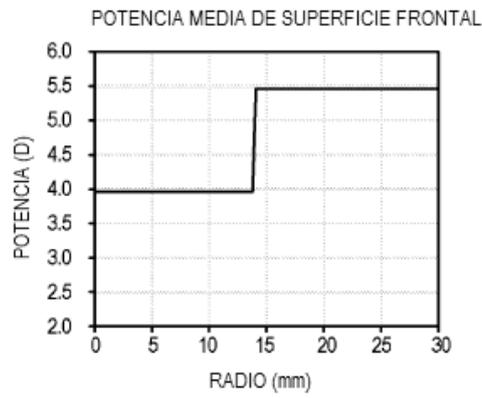


FIG. 10-A

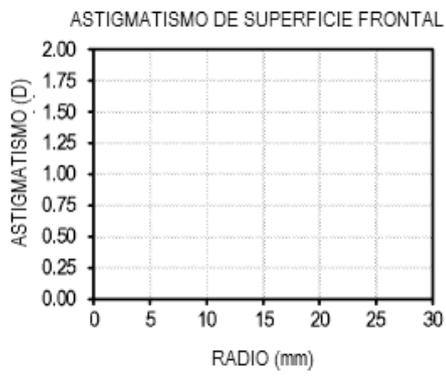


FIG. 10-B

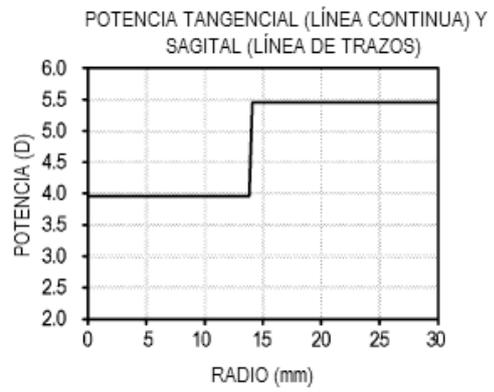


FIG. 10-C

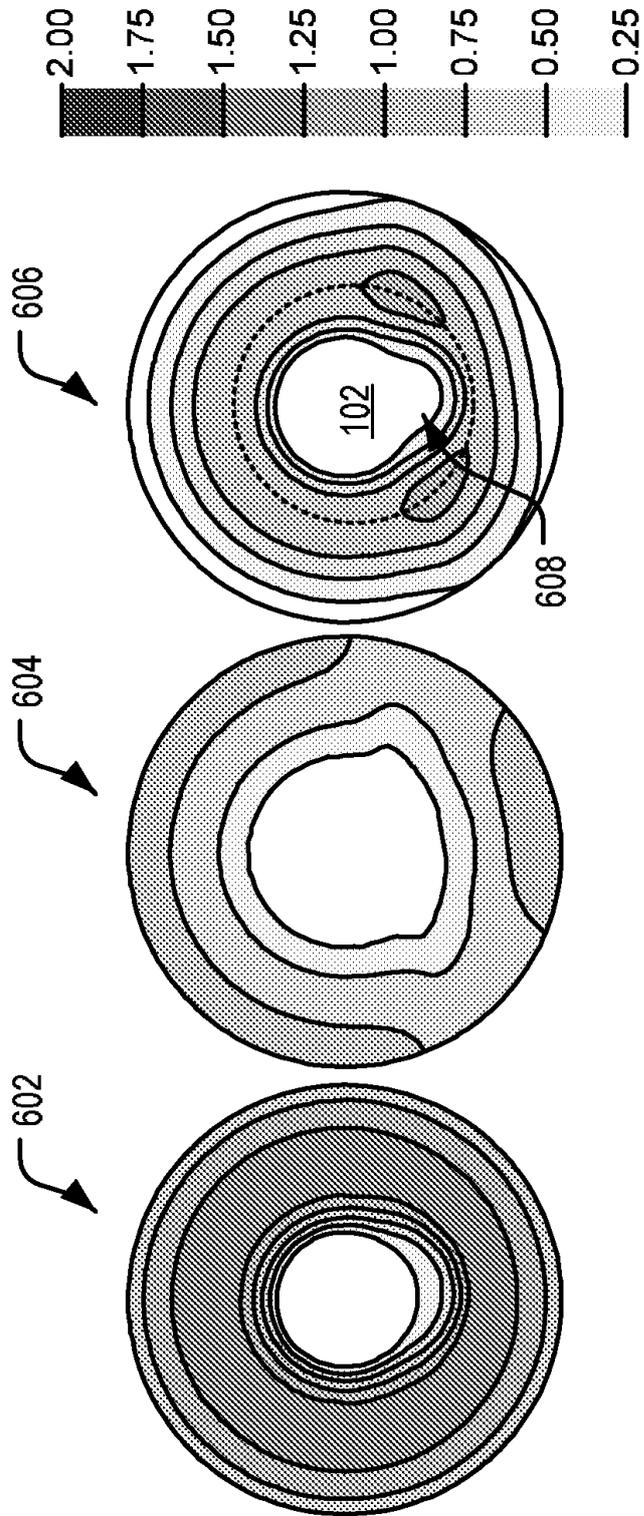


FIG. 11

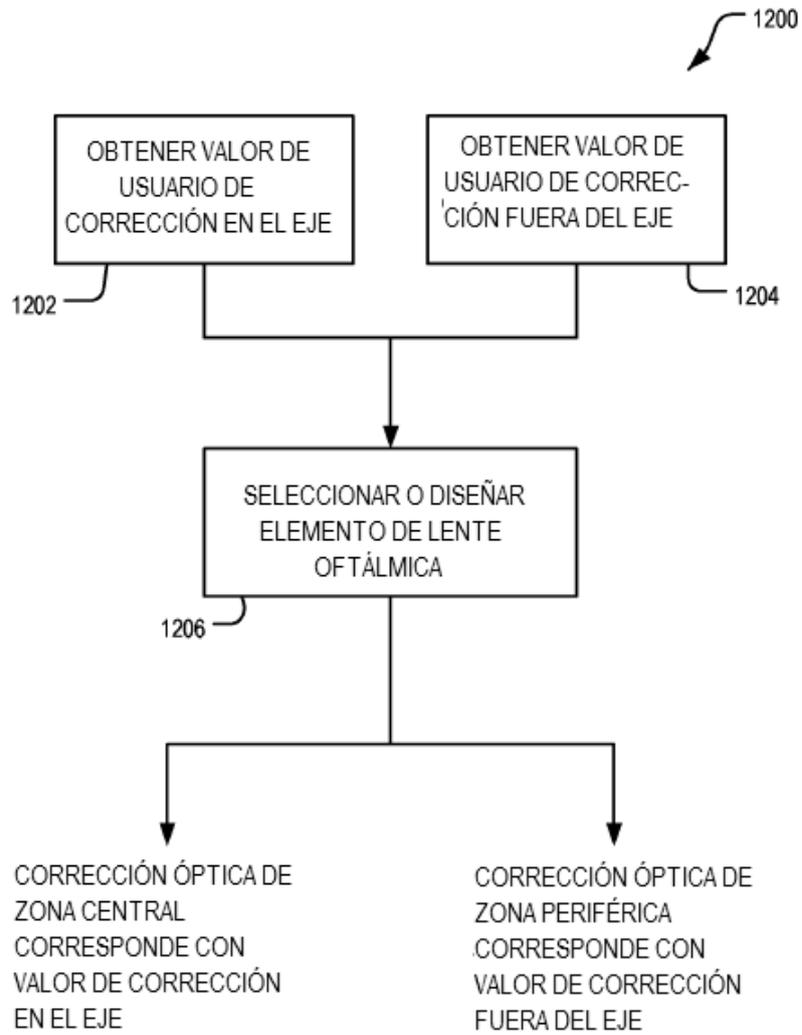


FIG. 12

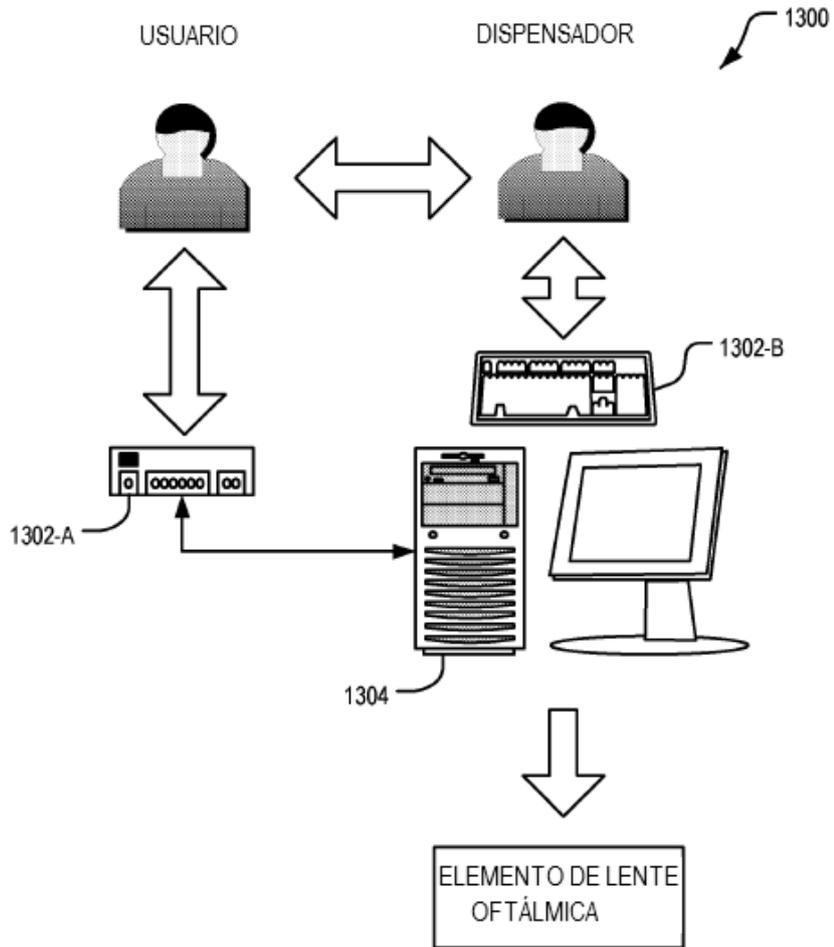


FIG. 13