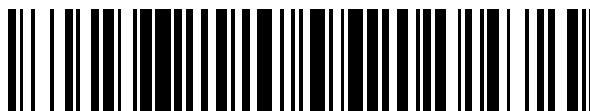


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 842**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2003 E 03773340 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 1563338**

54 Título: **Método de diseño de lentes progresivas**

30 Prioridad:

**20.11.2002 AU 2002953061**

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

**29.08.2014**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION AUSTRALIA HOLDINGS  
LTD. (100.0%)  
SHERRIFFS ROAD  
LONSDALE, SA 5160, AU**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 488 842 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**

Método de diseño de lentes progresivas

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método de diseño de una lente progresiva que presenta características de diseño que se han personalizado de manera individual para un portador. Las características de diseño que pueden personalizarse incluyen al menos el equilibrio entre tamaños de zonas y, opcionalmente, el descentramiento (*inset*) de la trayectoria ocular y/o la longitud del pasillo. La presente invención también se refiere a un programa informático que hace que un aparato programado ejecute un método de diseño de una lente progresiva, y a un medio de almacenamiento legible por ordenador codificado con, y a un aparato programado con, este programa informático.

**15 Antecedentes de la invención**

Las lentes de adición progresiva convencionales son lentes que presentan una parte superior de visión de lejos ('la zona de lejos'), una parte inferior de visión de cerca ('la zona de cerca') y un pasillo progresivo ('la zona intermedia') entre las mismas que proporciona una progresión de potencia gradual desde la zona de lejos hasta la zona de cerca sin ninguna línea divisoria o salto prismático.

En términos generales, la dispensación de una lente de adición progresiva particular (denominada en lo sucesivo 'lente progresiva') a un portador implica que un dispensador seleccione un diseño de lente progresiva de entre una gama de diseños de lente disponibles en función de determinados requisitos visuales del portador. Tales requisitos visuales pueden incluir las preferencias personales del portador.

El proceso de selección puede implicar que un dispensador (o un sistema experto) seleccione un diseño de lente que tenga un diseño periférico con el que el portador se sienta cómodo y que, por tanto, sea adecuado para el portador. Sin embargo, aunque la lente seleccionada puede tener un diseño periférico que sea adecuado para el portador, otras características (tales como el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de la trayectoria ocular, longitud del pasillo) pueden no ser óptimas para las necesidades visuales del portador.

De hecho, en un proceso de selección que implica seleccionar un diseño de lente progresiva particular de entre una gama de diseños de lente, un diseño de lente que presenta un diseño periférico adecuado junto con otras características de diseño (tales como el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de trayectoria ocular y la longitud del pasillo) que están relacionadas con las necesidades del portador pueden no estar disponibles.

Por consiguiente, sería una gran ventaja que un diseño de lente progresiva pudiera dispensarse a un portador de manera que el diseño de lente seleccionado tenga un diseño periférico adecuado y características de diseño que estén más estrechamente relacionadas con las necesidades del portador, es decir, un diseño de lente que tuviera características de diseño que han sido personalizadas de manera individual para un portador.

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar un método de diseño de una lente progresiva para un portador que incluya características de diseño que se hayan personalizado para el portador de manera que la lente progresiva sea adecuada para las necesidades visuales del portador.

El documento US-B-6.193.370 da a conocer un método de fabricación de cristales para gafas de potencia progresiva. El documento US-A-6.074.062 da a conocer elementos de lente progresiva y métodos de diseño y de uso de los mismos. El documento EP-A-0880046 da a conocer un método de fabricación de una lente multifocal progresiva. El documento US 4.676.610 da a conocer un método de fabricación de una superficie de lente progresiva y un artículo resultante. El documento EP-A-0295849 da a conocer una lente progresiva mejorada y la fabricación de la misma. El documento US-A-5.812.238 da a conocer un par de lentes oftálmicas multifocales progresivas.

**55 Sumario de la invención**

La presente invención se refiere a un método de diseño de una lente progresiva según la reivindicación 1.

La presente invención proporciona además un programa informático según la reivindicación 10, un medio de almacenamiento legible por ordenador según la reivindicación 17 y un aparato programado según la reivindicación 18.

Características preferidas están definidas en las reivindicaciones dependientes.

En el presente documento se describe además un método de diseño de una lente de adición progresiva para un portador, incluyendo el método las etapas de:

(a) seleccionar un diseño de lente de referencia, presentando el diseño de lente de referencia:

- un diseño periférico que es adecuado para el portador; y

5 - características de diseño que tienen un valor conocido, incluyendo las características de diseño el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de trayectoria ocular y la longitud de pasillo;

(b) especificar el valor preferido del portador para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio entre tamaños de zonas; y

10 (c) modificar el diseño de lente de referencia para obtener un nuevo diseño de lente de manera que las características de diseño del nuevo diseño de lente correspondientes a las características de diseño que tienen valores preferidos especificados de portador tengan sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo;

15 donde el diseño periférico del nuevo diseño de lente es sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente de referencia.

20 Se prefiere que la modificación del diseño de lente de referencia proporcione un nuevo diseño de lente que pueda realizarse como una lente progresiva que tenga una forma diferente al diseño de lente de referencia. A este respecto, modificar la forma del diseño de lente de referencia modifica la ubicación de puntos que están conectados para definir líneas que tienen la misma potencia. Por tanto, modificar la forma del diseño de lente de referencia incluye trasladar las posiciones de los puntos asociados a una potencia dada al mismo tiempo que se mantiene sustancialmente la conectividad entre los mismos para conseguir el valor preferido del portador para una o más de

25 las características de diseño, permitiendo al mismo tiempo que el diseño periférico del nuevo diseño de lente sea sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente de referencia.

A lo largo de esta memoria descriptiva, debe entenderse que la referencia al término 'diseño de lente progresiva' hace referencia a una especificación que describe el efecto óptico que provoca una lente progresiva acabada en el portador cuando está colocada delante de los ojos del portador como si éste la estuviera usando. Como se apreciará, el efecto óptico de un diseño de lente particular puede evaluarse fácilmente mediante un trazado de rayos de una lente para una prescripción, un campo objeto y una configuración ojo-lente dados.

30 Un diseño de lente de referencia puede seleccionarse calculando una distribución de potencia de convergencia óptica para una lente progresiva acabada. Una manera de realizar este cálculo es calculando una distribución de potencia de superficie para una superficie que tiene una forma compleja capaz de proporcionar un efecto óptico deseado en combinación con otra superficie que tiene una forma simple (tal como una esfera).

40 Tradicionalmente, la superficie con la forma compleja ha sido la superficie delantera de una lente progresiva, aunque podría ser la superficie trasera. Evidentemente, la combinación de la superficie de forma compleja y la superficie de forma simple puede usarse para obtener un diseño resultante de lente progresiva de referencia (por ejemplo, mediante trazado de rayos) que los expertos en la técnica podrán reproducir fácilmente en cualquier pluralidad de combinaciones de formas de superficie delantera y trasera fijando una de las superficies de lente y resolviendo un problema de ajuste de mínimos cuadrados para el diseño de lente progresiva resultante.

45 Como se apreciará, el diseño de lente progresiva resultante puede reproducirse de manera muy precisa para una prescripción dada o de manera sustancialmente precisa para cualquier otra prescripción.

50 Como se apreciará, una lente progresiva incluye una superficie delantera y una superficie trasera que se combinan para proporcionar un efecto óptico particular. A este respecto, existe un número infinito de combinaciones adecuadas de diseños de superficie delantera y de superficie trasera que pueden proporcionar un efecto óptico particular. Por tanto, una lente progresiva según un nuevo diseño de lente particular puede realizarse como cualquier combinación adecuada de una superficie delantera y una superficie trasera. Una combinación adecuada puede ser una combinación de una superficie delantera progresiva y una superficie trasera esférica. Otra combinación adecuada puede incluir una superficie delantera esférica y una superficie trasera progresiva. Otra combinación adecuada adicional puede incluir una superficie delantera tórica y una superficie progresiva con la curva base tórica en la superficie trasera.

60 Debe entenderse que la referencia al término 'diseño periférico' a lo largo de esta memoria descriptiva hace referencia a la distribución de una o más características ópticas de las regiones periféricas de un diseño de lente progresiva. A este respecto, las características ópticas pueden incluir características de superficie, tales como la distribución de potencia, o la distribución de astigmatismo, o características ópticas basadas en el trazado de rayos de la lente que cuantifican el rendimiento óptico de las regiones periféricas. Tales características ópticas pueden incluir el error de potencia de media cuadrática (RMS), que cuantifica la distribución de borrosidad periférica de una lente. En el contexto de esta memoria descriptiva, el diseño periférico está caracterizado por la distribución de las

65 características ópticas elegidas dentro de la zona periférica, pero no por la posición real de la zona en la superficie

de la lente con respecto al punto de fijación de la lente. Una determinada cantidad de cambio en la forma y el tamaño de una zona, como resultado de los cambios en el descentramiento de los puntos de visión de cerca y en la longitud del pasillo, tampoco alterará sustancialmente la naturaleza del diseño periférico.

5 A lo largo de esta memoria descriptiva, debe entenderse que la referencia al término 'equilibrio entre tamaños de zonas' hace referencia a la relación de las áreas de superficie de lente disponibles para una visión nítida de objetos a una distancia infinita con respecto a la superficie de lente disponible para visualizar objetos en la distancia de lectura típica del portador. Debe apreciarse que estas áreas están delimitadas por los contornos de umbral de borrosidad molesta que puede obtenerse mediante el trazado de rayos de una lente para la prescripción del portador y una configuración ojo-lente particular.

15 Debe entenderse que la referencia al término 'descentramiento de trayectoria ocular' a lo largo de esta memoria descriptiva hace referencia a una distancia horizontal entre un bisector principal vertical de puntos de referencia de la zona de lejos y el bisector principal vertical de puntos de referencia de la zona de cerca.

20 Debe entenderse que la referencia al término 'pasillo' a lo largo de esta memoria descriptiva hace referencia a un canal de progresión de potencia gradual que une la zona de lejos y la zona de cerca. La longitud del pasillo se especifica como la diferencia entre las coordenadas Y del punto de referencia de visión de lejos y del punto de referencia de visión de cerca en la superficie de la lente.

25 En esta memoria descriptiva, debe entenderse que la referencia al término 'zona de lejos' hace referencia a una zona designada ubicada en la parte superior del diseño de lente progresiva que es adecuada para la visión de lejos. Debe entenderse que la referencia al término 'zona de cerca' a lo largo de esta memoria descriptiva hace referencia a una zona designada en la parte inferior del diseño de lente progresiva que proporciona una adición de cerca.

30 Se prefiere que cada especificación de diseño de lente (es decir, el diseño de lente de referencia y el nuevo diseño de lente) incluya un archivo de datos electrónico (tal como un archivo CAD) que incluya información (es decir, datos) que describa el diseño. De manera ideal, la información puede ser utilizada por un aparato adecuadamente programado para generar una representación gráfica del diseño, tal como en la forma de un 'mapa de contornos' que presenta líneas que conectan puntos de la superficie de la lente que tienen la misma potencia. Por tanto, se prefiere que la información para un diseño de lente incluya datos de geometría de lente que sean representativos de la forma del diseño de lente respectivo.

35 Para cada una de la una o más características de diseño para las que se ha especificado el valor preferido de un portador, se prefiere que el valor especificado respectivo esté relacionado con las necesidades visuales de un portador particular. A este respecto, las necesidades visuales del portador pueden determinarse analizando el uso previsto de la lente progresiva. Tal análisis puede implicar someter al portador a una evaluación para determinar las necesidades visuales del portador y, por tanto, los valores preferidos para la una o más características de diseño.

40 En lo que respecta a la especificación de un valor preferido para el equilibrio entre tamaños de zonas, esta evaluación puede incluir la obtención de información del 'estilo de vida' del portador y el uso de esta información para calcular la frecuencia relativa con la que el portador utiliza la zona de lejos en comparación con la zona de cerca.

45 La frecuencia relativa puede representarse en relación con un resultado que clasifica al portador según una escala numérica que oscila entre predominancia en visión de cerca y predominancia en visión de lejos, dependiendo de las necesidades visuales del portador. De manera ideal, cada resultado de la escala se correlacionará con un equilibrio particular entre tamaños de zonas.

50 Preferiblemente, la etapa de modificar el diseño de lente de referencia para obtener de este modo un nuevo diseño de lente incluye un proceso de transformación que utiliza un sistema de coordenadas adecuado. Un sistema de coordenadas adecuado puede incluir un sistema de coordenadas elíptico que consiste en elipses e hipérbolas confocales.

55 A lo largo de esta memoria descriptiva, debe entenderse que la referencia al término 'transformación' hace referencia a un proceso que incluye distorsionar un diseño de lente de referencia para proporcionar el nuevo diseño de lente.

60 Se prefiere que el proceso de transformación se lleve a cabo aplicando una función de transformación adecuada al diseño de lente de referencia para modificar de este modo la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente de referencia según los valores preferidos del portador. Es decir, el proceso de transformación modificará preferiblemente las posiciones de puntos que tienen la misma potencia definida en la superficie de la lente de referencia al mismo tiempo que se mantienen sustancialmente las 'conexiones' entre esos puntos para conservar el carácter del diseño periférico.

65 Se prefiere que la modificación del diseño de lente de referencia se lleve a cabo usando una función de

transformación diferente para cada una de la una o más características de diseño que tienen un valor preferido especificado de portador y que van a personalizarse. Por tanto, en esta forma de la invención, la modificación del diseño de lente de referencia puede incluir un proceso de transformación de múltiples fases.

5 En lo que respecta a la modificación del diseño de lente de referencia para obtener un nuevo diseño de lente que tenga el equilibrio entre tamaños de zonas preferido del portador, la aplicación de la función de transformación puede dar como resultado un proceso de transformación mediante el cual las regiones periféricas nasales y temporales del diseño de lente de referencia han rotado en sentidos opuestos. Como se apreciará, la rotación de las regiones periféricas del diseño de lente de referencia en sentidos opuestos da como resultado que una zona (es decir, la zona de lejos o la zona de cerca) se agrande y que la otra zona que se comprima.

10 Se prefiere que la aplicación de una función de transformación adecuada dé como resultado un nuevo diseño de lente que tenga un equilibrio entre zonas que sea sustancialmente idéntico al equilibrio entre tamaños de zonas preferido del portador y un diseño periférico que sea sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente de referencia.

15 Se prefiere que el área del diseño de lente de referencia que está en la trayectoria ocular del portador no se modifique por el proceso de transformación. Sin embargo, la forma de la propia trayectoria ocular puede modificarse para satisfacer los requisitos de convergencia del portador para sus tareas típicas de visión de cerca.

20 En una forma de la invención, el diseño de lente de referencia puede representarse usando una matriz de curvatura de superficie. De manera ventajosa, en esta forma de la invención, la función de transformación puede aplicarse a la matriz de curvatura de superficie del diseño de lente de referencia para producir una distribución de curvatura de superficie objetivo. En otra forma de la invención, el diseño de lente de referencia puede representarse usando convergencias ópticas de una lente trazadas con rayos según el diseño de lente de referencia y la función de transformación puede aplicarse a las convergencias ópticas trazadas con rayos.

25 En caso de que no pueda realizarse la distribución de curvatura de superficie objetivo, la distribución de curvatura de superficie del nuevo diseño de lente puede obtenerse usando un proceso que aplica un ajuste de mínimos cuadrados con respecto a la superficie objetivo. Sin embargo, se prefiere que el proceso de transformación produzca una distribución de curvatura de superficie objetivo que sea casi realizable. En esta forma preferida, el ajuste de mínimos cuadrados a la distribución de curvatura de superficie objetivo puede llevarse a cabo usando funciones de ponderación adecuadas. De manera ideal, una función de ponderación adecuada permitirá que áreas críticas del nuevo diseño de lente (es decir, áreas alrededor de la trayectoria ocular y en las zonas diseñadas para una visión nítida) no se vean afectadas por el proceso de transformación.

30 El método de la presente invención se lleva a cabo en un aparato programable. Por consiguiente, también se describe en el presente documento un aparato programable para el diseño de una lente de adición progresiva para un portador, presentando el diseño de la lente una o más características de diseño que se personalizan según las preferencias del portador, incluyendo el aparato:

(a) medios para obtener un diseño de lente de referencia seleccionado, presentando el diseño de lente de referencia seleccionado:

45 - un diseño periférico que es adecuado para el portador; y  
 - características de diseño que tienen valores conocidos, incluyendo las características de diseño el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de trayectoria ocular y la longitud de pasillo;

50 (b) medios para recuperar contenido de información desde un repositorio de información, incluyendo el contenido de información datos de geometría de lente, representando los datos de geometría de lente al menos la forma del diseño de lente de referencia seleccionado;

(c) medios para obtener el valor preferido del portador para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio entre tamaños de zonas; y

55 (d) medios para modificar el contenido de información para obtener de este modo contenido de información modificado, representando el contenido de información modificado un nuevo diseño de lente de manera que cada una de la una o más características de diseño del nuevo diseño de lente tenga sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo;

60 donde el diseño periférico del nuevo diseño de lente es sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente de referencia seleccionado.

65 Se prefiere que los medios para obtener el valor preferido del portador para una o más de las características de diseño incluyan medios para especificar o calcular el valor preferido del portador.

5 La selección del diseño de lente de referencia puede implicar un proceso de selección manual y/o automático y puede estar ligada a medidas directas u otras medidas del portador, su estado refractivo, necesidades visuales declaradas o datos de cuestionario que indican su estilo de vida y/o factores ergonómicos que influyen en sus necesidades visuales.

10 Preferiblemente, en una realización de la presente invención que utiliza un proceso de selección manual de diseño de lente de referencia, el proceso de selección puede llevarse a cabo usando un medio de interfaz para recibir de un usuario una selección de diseño de lente de referencia. Como se apreciará, el usuario puede ser el portador o, como alternativa, puede ser un dispensador (tal como un optometrista) que pueda dispensar el nuevo diseño de lente al portador.

15 En una realización de la invención que utiliza un proceso de selección automático de diseño de lente de referencia, el proceso de selección puede implicar calcular una selección de diseño de lente de referencia según datos de entrada del usuario.

20 El contenido de información puede ser un archivo de datos electrónico que se recupera del repositorio de información según la selección de diseño de lente de referencia. Se prefiere que el repositorio de información incluya una base de datos que indexe una pluralidad de archivos de datos electrónicos para diferentes diseños de lentes de referencia. La base de datos puede residir en el aparato programable o en un dispositivo de almacenamiento de datos que sea remoto al, pero accesible por el, aparato programable.

25 En una realización en la que la base de datos reside en un dispositivo de almacenamiento de datos que es remoto al aparato programable, la base de datos será preferiblemente accesible para el aparato programable a través de un enlace de comunicaciones (tal como Internet).

30 La especificación de los valores preferidos del portador para la una o más características de diseño también puede implicar un proceso de especificación manual o automático. En una realización de la invención que utiliza un proceso de especificación manual, la especificación de los valores preferidos del portador para la una o más características de diseño puede incluir que un usuario introduzca los valores requeridos de estos parámetros en el aparato programable. En esta forma de la invención, los medios para recibir los valores preferidos del portador pueden incluir una interfaz para recibir los parámetros desde un usuario.

35 En una realización de la invención que utiliza un proceso de especificación automático, el proceso de selección puede incluir la introducción de un conjunto de parámetros del portador en el aparato programable. Después, el aparato programable procesa los parámetros del portador para obtener los valores preferidos del portador para el nuevo diseño de lente. Se prefiere que los parámetros del portador incluyan parámetros que sean representativos de las características de comportamiento visual del portador.

40 Los medios para modificar la forma del diseño de lente de referencia para obtener una superficie objetivo que tenga las características de diseño requeridas pueden incluir un medio de procesamiento que puede hacerse funcionar para llevar a cabo un proceso de transformación.

45 La presente invención también proporciona un programa informático según la reivindicación 10.

También se describe en el presente documento un programa informático para hacer que un aparato programado realice un diseño de lente de adición progresiva para un portador, incluyendo el programa informático:

50 (a) código de programa informático para obtener una selección de diseño de lente progresiva de referencia, teniendo el diseño de lente progresiva de referencia seleccionado:

- un diseño periférico que es adecuado para el portador; y

55 - características de diseño que tienen valores conocidos, incluyendo las características de diseño el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de trayectoria ocular y la longitud de pasillo;

60 (b) código de programa informático para obtener el valor preferido del portador para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio entre tamaños de zonas; y

(c) código de programa informático para modificar el diseño de lente progresiva de referencia para obtener un nuevo diseño de lente progresiva en el que una o más de las características de diseño tienen sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo;

65 donde el diseño periférico del nuevo diseño de lente progresiva es sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente progresiva de referencia.

El programa informático puede codificarse en memoria legible por ordenador del aparato programable o puede codificarse en medios legibles por ordenador (tales como un CD, una cinta DAT o similares) que son legibles por el aparato programable.

5 En el presente documento también se describe un sistema para el diseño de lentes de adición progresiva para un portador, incluyendo el sistema:

(a) un enlace de comunicaciones;

10 (b) al menos un dispositivo cliente conectado de manera operativa al enlace de comunicaciones;

(c) un dispositivo servidor, que incluye una CPU y memoria conectada de manera operativa a la CPU, estando conectado el dispositivo servidor al enlace de comunicaciones, estando codificada la memoria con un programa informático para hacer que la CPU ejecute:

- la recepción de parámetros en el dispositivo servidor desde el dispositivo cliente;

20 - la posterior selección de un diseño de lente de referencia que tiene un diseño periférico que es adecuado para un portador y características de diseño que tienen valores conocidos, incluyendo las características de diseño el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de la trayectoria ocular y la longitud del pasillo;

- el cálculo de valores preferidos del portador para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio entre tamaños de zonas;

25 - la recuperación de contenido de información desde un repositorio de información, incluyendo el contenido de información datos de geometría de lente que representan al menos la forma del diseño de lente de referencia seleccionado;

30 - la modificación del contenido de información para obtener contenido de información modificado, representando el contenido de información modificado un nuevo diseño de lente de manera que cada una de la una o más características de diseño del nuevo diseño de lente tengan sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo; y

35 - la transmisión del contenido de información modificado al dispositivo cliente;

donde el diseño periférico del nuevo diseño de lente progresiva es sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente progresiva de referencia.

#### 40 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación se describirá la presente invención en relación con varias realizaciones ilustradas en los dibujos adjuntos. Sin embargo, debe apreciarse que la siguiente descripción no pretende limitar la generalidad de la descripción anterior.

45 En los dibujos:

la figura 1 muestra un diagrama de flujo simplificado de un método de diseño de una lente de adición progresiva según la realización preferida de la presente invención;

50 la figura 2 muestra un diagrama de bloques simplificado de un proceso para seleccionar un diseño de lente de referencia adecuado para usarse con la realización preferida de la figura 1;

55 la figura 3 muestra una vista de un mapa de contornos simplificado para la superficie de un ejemplo de un elemento de lente progresiva superpuesto encima de la cuadrícula del sistema de coordenadas elíptico;

la figura 4 muestra un diagrama de flujo simplificado de un método de diseño de una lente progresiva que tiene un equilibrio personalizado entre tamaños de zonas;

60 la figura 5 muestra un diagrama de flujo simplificado de un proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas que es adecuado para el método mostrado en la figura 4;

la figura 6 muestra un mapa de contornos de un diseño de lente de referencia de ejemplo que muestra los límites de zona de un diseño de lente de referencia y los límites de zona del nuevo diseño de lente;

65 la figura 7 muestra la potencia media de superficie y los contornos de astigmatismo del diseño de lente de referencia

en comparación con una superficie objetivo obtenida por un proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas;

5 la figura 8 muestra una comparación de la potencia media y el cilindro para una superficie objetivo con una superficie real obtenida por medio del mejor ajuste usando pesos uniformes;

la figura 9 muestra la diferencia RMS entre una superficie objetivo y una superficie real obtenida usando diferentes funciones de ponderación;

10 la figura 10 muestra una comparación de la potencia media y el cilindro de una superficie objetivo con una superficie real obtenida usando una función de ponderación particular;

15 la figura 11 muestra la distribución de astigmatismo en superficie para un conjunto de superficies calculadas según una variedad de equilibrios entre tamaños de zonas;

la figura 12 muestra el resultado de un proceso de transformación de descentramiento de la trayectoria ocular;

la figura 13 muestra el resultado de un proceso de transformación de longitud de pasillo;

20 la figura 14 muestra un ejemplo de un proceso de transformación de múltiples fases;

la figura 15 muestra los contornos de astigmatismo en superficie en varias fases de un proceso de transformación de múltiples fases; y

25 la figura 16 muestra un diagrama vectorial de la dirección y la magnitud del movimiento requerido para conseguir la transformación del proceso de transformación de múltiples fases y gráficos de distorsión de cuadrícula que ilustran las distorsiones espaciales impuestas por las funciones de transformación.

### Descripción detallada de la invención

30 Con referencia a la figura 1 se ilustra un diagrama de flujo simplificado de un método de diseño de una lente de adición progresiva para un portador, según una realización preferida de la presente invención.

35 Como se muestra en la figura 1, el método preferido implica seleccionar 2 un diseño de lente de referencia 4 que tiene un diseño periférico 6 que es adecuado para un portador y características de diseño 8 que tienen valores conocidos, especificar 10 un valor preferido del portador para una o más de las características de diseño 8 y después modificar 11 el diseño de lente de referencia 4 para obtener de este modo un nuevo diseño de lente 12 en el que la una o más de las características de diseño 8 tienen sustancialmente el mismo valor que el valor preferido del portador respectivo y en el que el diseño periférico del nuevo diseño de lente 12 es sustancialmente idéntico al diseño periférico 6 del diseño de lente de referencia 4.

40 Para los fines de descripción de la realización preferida, debe entenderse que las referencias al término 'diseño periférico' hace referencia a la distribución de borrosidad periférica. Se contemplan otras realizaciones en las que el diseño periférico puede incluir además otras características de las regiones periféricas.

45 En la realización ilustrada, las características de diseño 8 que tienen valores conocidos incluyen el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de la trayectoria ocular ('descentramiento') y la longitud del pasillo.

50 La selección 2 del diseño de lente de referencia 4 se lleva a cabo seleccionando un diseño de lente de referencia particular 4 de entre una gama de diseños de lente de referencia 14 en función de la una o más características de lente requeridas. Cada diseño de lente de la gama de diseños de lente de referencia 14 tendrá características de lente conocidas.

55 La una o más características de lente requeridas incluirán el diseño periférico y pueden incluir las características de diseño 8. Por tanto, la selección de un diseño de lente de referencia que tenga una o más características de lente requeridas incluye seleccionar un diseño de lente de referencia que tenga un diseño periférico 6 que sea adecuado para un portador y puede incluir además seleccionar la lente en función de las características de diseño 8. Evidentemente, las características de lente pueden incluir además otras características, tales como la curva base, la asferización de la zona de lejos y de la zona de cerca, y la distribución periférica de curvaturas de superficie.

60 De manera ideal, la selección 2 de un diseño de lente de referencia particular 4 implica que un usuario seleccione un diseño de lente de referencia 4 que tenga un diseño periférico que sea adecuado para el portador, así como otras características de diseño que estén relacionadas o coincidan con un conjunto específico de parámetros de portador 16.

65 El conjunto de parámetros de portador 16 se obtiene preferiblemente de información obtenida para un portador. A



este respecto, al menos algunos de los parámetros de portador 16 pueden obtenerse mediante una medición directa, mientras que otros pueden obtenerse haciendo preguntas al portador (por ejemplo, para determinar una preferencia personal del portador o para determinar actividades para las que el portador pretende usar la lente).

- 5 Los parámetros de portador 16 pueden incluir, pero sin limitarse a, la distancia interpupilar, características de comportamiento visual, información acerca del estilo de vida (por ejemplo, las actividades para las que el portador pretende usar la lente), datos de prescripción (es decir, esfera, adición y cilindro), edad, sexo e información de geometría de la montura.
- 10 En la realización ilustrada, y como se muestra en la figura 2, la selección del diseño de lente de referencia 4 se lleva a cabo por un usuario (por ejemplo, un dispensador) que interactúa con un dispositivo programado 18 (tal como un ordenador de escritorio equipado con software adecuado) que puede hacerse funcionar para seleccionar automáticamente un diseño de lente de referencia 4 según parámetros de portador 16 que se han introducido en, o han sido calculados por, el dispositivo programado 18. Sin embargo, debe apreciarse que la selección de un diseño de lente de referencia 4 puede implicar un proceso de selección manual. De hecho, en una forma de la invención que utiliza un proceso de selección manual, el dispositivo programado 18 puede proporcionar una interfaz gráfica que puede hacerse funcionar para permitir que un usuario seleccione un diseño de lente de referencia 4. De esta manera, un proceso de selección manual puede llevarse a cabo seleccionando manualmente un diseño de lente de referencia particular 4 de entre una gama de diseños de lente de referencia 14 según el conjunto requerido de características de lente. La gama de diseños de lente 14 puede mostrarse en forma de una lista o una tabla que muestre la gama disponible de diseños de lente 14 junto con sus respectivas características.

25 En el presente caso, el proceso de selección requiere un proceso automatizado mediante el cual el dispositivo programado 18 selecciona automáticamente el diseño de lente de referencia 4 según parámetros de portador 16 que han sido introducidos en el dispositivo programado 18 por un usuario. De manera ideal, el proceso de selección automático indexa los parámetros de portador 16 en un repositorio de información, tal como una base de datos 20, que tiene acceso a la gama de diseños de lente 14 para permitir la selección de un diseño de lente de referencia 4 que tenga características de diseño que estén lo más estrechamente relacionadas posible con los parámetros de portador 16.

30 Como se ha descrito anteriormente, el diseño de lente de referencia seleccionado 4 es un diseño de lente estándar de una gama de diseños de lente 14 que tienen características de diseño, y posiblemente otras características, que están relacionadas con los parámetros de portador 16. Sin embargo, aunque el diseño de lente de referencia seleccionado 4 puede tener características de diseño que estén relacionadas con los parámetros de portador 16, la selección de un diseño 'estándar' puede dar como resultado que algunas de las características de lente tengan propiedades que no estén estrechamente relacionadas con al menos algunos de los parámetros de portador 16. Dicho esto, otras características (tales como aquéllas que contribuyen al diseño periférico de una lente) pueden ser totalmente aceptables para el portador.

40 Haciendo de nuevo referencia a la figura 1, tras haber seleccionado 2 un diseño de lente de referencia 4, el método se basa posteriormente en la especificación 10 de los valores preferidos del portador para una o más de las características de diseño 8 (en el presente caso, el equilibrio entre tamaños de zonas, el descentramiento de la trayectoria ocular y la longitud del pasillo).

45 En una primera realización preferida de la invención, solo se especificará el valor preferido del portador para el equilibrio entre tamaños de zonas. Por tanto, en esta realización, el método proporciona en última instancia un nuevo diseño de lente 12 que tiene un equilibrio entre tamaños de zonas que está más estrechamente relacionado con los parámetros de portador 16, y por tanto con las necesidades del portador, que el diseño de lente de referencia 4.

50 El valor de equilibrio entre tamaños de zonas preferido del portador puede determinarse usando los parámetros de portador 16 que están relacionados con la información sobre el 'estilo de vida'. Después, esta información puede usarse para calcular la frecuencia relativa con la que el portador utiliza la zona de lejos en comparación con la zona de cerca.

55 De hecho, el valor preferido del portador para el equilibrio entre tamaños de zonas puede determinarse calculando, usando un dispositivo programado 18 (véase la figura 2), una proporción relativa para la cual cada una de las dos zonas (es decir, la zona de lejos y la zona de cerca) es usada por el portador. La proporción relativa puede determinarse analizando la información sobre el 'estilo de vida' del portador y generando un resultado que indica hasta qué punto el portador utiliza la zona de cerca en comparación con la zona de lejos.

60 En una realización alternativa, los valores preferidos de un portador también pueden especificarse para el descentramiento y/o la longitud del pasillo, tal y como se obtienen a partir de la ergonomía de una tarea de lectura. Por tanto, en esta forma preferida, el nuevo diseño de lente 12 puede tener un descentramiento y/o una longitud de pasillo que están más estrechamente relacionados con las necesidades del portador que los del diseño de lente de referencia 4.

Tras haber especificado 10 los valores preferidos del portador para una o más de las características de diseño 8 (en este caso, el valor preferido del portador para el equilibrio entre tamaños de zonas), el diseño de lente de referencia seleccionado 4 se modifica 10 para obtener un nuevo diseño de lente 12. En el presente caso, el diseño de lente de referencia 4 se modifica modificando 11 la forma del diseño de lente de referencia 4 según las preferencias del portador. Como se ha descrito anteriormente, el nuevo diseño de lente 12 tendrá una o más características de diseño 8 que tienen sustancialmente el mismo valor que el valor preferido del portador respectivo y un diseño periférico 6 que es sustancialmente idéntico al diseño periférico 6 del diseño de lente de referencia 4.

Según la realización preferida de la presente invención, la modificación 11 de la forma del diseño de lente de referencia 4 para obtener un nuevo diseño de lente 12 implica un proceso de transformación.

El proceso de transformación puede llevarse a cabo aplicando una/varias función(es) de transformación adecuada(s) al diseño de lente de referencia 4 para modificar de este modo la distribución de curvatura de superficie del diseño de lente de referencia 4 según los valores preferidos del portador. A este respecto, el proceso de transformación puede producir una distribución de curvatura de superficie objetivo que puede ser, o no, realizable.

En caso de que la superficie objetivo no pueda realizarse, el proceso de transformación puede utilizar un ajuste de mínimos cuadrados con respecto a la superficie objetivo para obtener de este modo la distribución de curvatura de superficie del nuevo diseño. El proceso de un ajuste de mínimos cuadrados puede incluir el uso de funciones de ponderación no uniformes. Las funciones de ponderación se describirán posteriormente en mayor detalle.

En la realización preferida pueden usarse diferentes funciones de transformación para cada una de la una o más características de diseño 8 para las que se ha especificado el valor preferido de un portador. Por tanto, un proceso de transformación adecuado puede utilizar una función de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas y, opcionalmente, una función de transformación de descentramiento y/o una función de transformación de longitud de pasillo.

Antes de proceder a la descripción de ejemplos de procesos de transformación que utilizan las funciones de transformación mencionadas anteriormente, a continuación se explicará de forma más detallada con referencia a la figura 3, con el fin de evitar confusiones, varias características de lente a las que se ha hecho referencia a lo largo de esta descripción.

Haciendo referencia a la figura 3 se muestra un mapa de contornos para un diseño de lente de referencia de 'ejemplo' 4. Tal y como se muestra, el diseño de lente de referencia de ejemplo 4 incluye una zona de lejos 26, una zona de cerca 24 y pasillo 28 entre las mismas que proporciona una progresión de potencia gradual desde la zona de lejos 26 hasta la zona de cerca 24 sin ninguna línea divisoria o salto prismático.

El diseño de lente de referencia de la figura 3 también incluye regiones periféricas 30 que están ubicadas de manera adyacente a la zona de cerca 24, la zona de lejos 26 y el pasillo 28.

La zona de cerca 24 y la zona de lejos 26 están delimitadas por 'límites' respectivos, cuya ubicación aproximada se ha mostrado usando hipérbolas respectivas 32-1, 34-1. Para los fines de esta descripción, el límite 32-1 que delimita la zona de cerca 24 se denominará en lo sucesivo como el 'límite de zona de cerca'. Asimismo, el límite 34-1 que delimita la zona de lejos 26 se denominará en lo sucesivo como el 'límite de zona de lejos'.

Tras haber matizado las características de lente a las que se hará referencia en el resto de la descripción, la descripción se centrará ahora en ejemplos de procesos de transformación que son adecuados para transformar las características de diseño de la lente de referencia 4.

#### **Ejemplo 1: Transformación del equilibrio entre tamaños de zonas**

Haciendo referencia a continuación a la figura 4 se muestra un proceso de transformación de equilibrio entre zonas 36 para proporcionar un nuevo diseño de lente 12 que tiene un equilibrio entre tamaños de zonas que es sustancialmente idéntico al equilibrio entre tamaños de zonas preferido de un portador. En este caso, el proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas 36 se lleva a cabo rotando en sentidos opuestos regiones periféricas 30 (véase la figura 3) en los lados nasales y temporales del diseño de lente de referencia 4.

La rotación de las regiones periféricas 30 (véase la figura 3) da como resultado que una zona (es decir, la zona de lejos o la zona de cerca) se agrande y que la otra zona se comprima. Sin embargo, como resultado del proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas 36, la forma de la región del nuevo diseño de lente 12 que está en la trayectoria ocular del portador sigue siendo sustancialmente idéntica a la forma de la región de la trayectoria ocular del diseño de lente de referencia 4.

Para llevar a cabo un proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas 36, puede usarse una función de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas. Además, el proceso de transformación de tamaños de

zonas 36 también puede requerir la selección de un sistema de coordenadas adecuado.

En lo que respecta a una función adecuada de transformación de tamaños de zonas, tal función es una función que da como resultado el nuevo diseño de lente 12 que presenta un equilibrio entre tamaños de zonas con un valor que es sustancialmente idéntico al valor de equilibrio entre tamaños de zonas preferido del portador, así como un diseño periférico 6 que es sustancialmente idéntico al diseño periférico 6 del diseño de lente de referencia 4.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de un sistema de coordenadas 38 adecuado para diseñar una función de transformación para su uso con el diseño de lente de referencia 4. Tal y como se muestra, el sistema de coordenadas 38 es un sistema de coordenadas elíptico que incluye conjuntos de elipses e hipérbolas confocales.

En este caso, si los focos están ubicados en  $(0, a)$  y  $(0, -a)$ , entonces las transformaciones de coordenadas pueden definirse de la siguiente manera:

$$x = r \operatorname{sen} \theta$$

$$y = \sqrt{a^2 + r^2} \cos \theta$$

y

$$r = \sqrt{\sqrt{u^2 + 4a^2x^2} - u} / 2$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{x\sqrt{a^2 + r^2}}{yr} \right)$$

donde

$$u = a^2 - x^2 - y^2$$

Haciendo referencia a continuación a la figura 5, mediante la utilización de un sistema de coordenadas adecuado tal como el sistema de coordenadas elíptico descrito anteriormente, una función adecuada de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas puede generarse 39 mediante un procedimiento de diseño de función de transformación. Tal y como se muestra en la figura 5, un procedimiento de diseño de función de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas puede implicar definir 40 los límites de zona 32-1, 34-1 (véase la figura 3) tanto para la zona de cerca 24 (véase la figura 3) como para la zona de lejos 26 (véase la figura 3) del diseño de lente de referencia seleccionado 4.

El límite de zona de lejos 34-1 y el límite de zona de cerca 32-1 pueden definirse 40 usando cualquier 'curva alisada' adecuada que se aproxime al límite respectivo 32-1, 34-1.

Tras haber definido los límites de zona para el diseño de lente de referencia, se definen los límites de zona para el nuevo diseño de lente. Haciendo referencia a continuación al ejemplo mostrado en la figura 6, el límite de zona de lejos 34-1 y el límite de zona de cerca 32-1 del diseño de lente de referencia 4 se han definido usando hipérbolas que tienen parámetros que se han seleccionado para aproximar un límite respectivo. Tal y como se muestra, se ha generado un primer conjunto de hipérbolas para proporcionar un ajuste razonable a los contornos de 0,75 dioptrías 42 en la región central de la lente.

Efectivamente, la relación de las áreas delimitadas por cada hipérbola representa el equilibrio conocido entre tamaños de zonas del diseño de lente de referencia 4.

Un segundo conjunto de hipérbolas muestra respectivamente las ubicaciones aproximadas del límite de zona de cerca 34-2 y del límite de zona de lejos 32-2 requeridas para conseguir un equilibrio entre tamaños de zonas que tenga un valor que sea sustancialmente idéntico al valor preferido de un portador. Dicho de otro modo, el segundo conjunto de hipérbolas muestra los límites de zona para la superficie objetivo y, por tanto, aproxima las ubicaciones del límite de zona de cerca 34-2 y del límite de zona de lejos 32-2 del nuevo diseño de lente 12.

En el ejemplo mostrado en la figura 6, el equilibrio entre tamaños de zonas preferido del portador requiere una reducción de 15 grados en la zona de cerca 24 y un aumento correspondiente en la zona de lejos 26.

La rotación de 15 grados se lleva a cabo preferiblemente haciendo rotar las regiones periféricas 30 (por ejemplo, una región nasal y una región temporal) del diseño de lente de referencia 4 en 7,5 grados en la dirección  $\Psi$ . De esta manera, la suma de los tamaños de zona (es decir, los tamaños angulares) pueden mantenerse constantes y, por tanto, el nuevo diseño de lente 12 tendrá una distribución de potencia que es casi realizable. Como resultado, es probable que la superficie resultante sea relativamente insensible a funciones de ponderación.

Los efectos del proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas puede entenderse mejor haciendo referencia a la figura 7 y a la figura 8.

A este respecto, la figura 7 ilustra la potencia media de superficie y los contornos de astigmatismo antes y después de transformar un diseño de lente de referencia 4 para obtener un nuevo diseño de lente que tiene un equilibrio entre tamaños de zonas según las preferencias de un portador. Tal y como se muestra en la figura 7(b) y en la figura 7(d), como resultado de modificar el diseño de lente de referencia 4 para modificar el equilibrio entre tamaños de zonas según el valor preferido del portador, el tamaño angular de la zona de cerca 24 del nuevo diseño de lente 12 se ha reducido en comparación con la figura 7(a) y la figura 7(c). Asimismo, el tamaño angular de la zona de lejos 26 se ha ampliado con respecto al del diseño de lente de referencia 4. Sin embargo, como resulta evidente a partir de la inspección de los contornos en las regiones periféricas 30, a pesar de la modificación del equilibrio entre tamaños de zonas, el diseño periférico del nuevo diseño de lente 12 ha seguido siendo sustancialmente el mismo que el diseño periférico del diseño de lente de referencia 4.

Haciendo referencia a continuación a la figura 8, se ilustran gráficos de la potencia media y el cilindro para una superficie objetivo y el mejor ajuste con respecto a la superficie objetivo ('la superficie real') del nuevo diseño de lente real 12 calculado usando pesos uniformes en una cuadrícula de 80 mm de diámetro. Como resulta evidente comparando la figura 8(a) con la figura 8(b) y la figura 8(c) con la figura 8(d), en el nivel de contorno de 0,25 dioptrías la superficie optimizada es sustancialmente idéntica a la superficie objetivo. De hecho, la única diferencia notable parece ser un ligero aumento en el cilindro periférico máximo.

Haciendo referencia a continuación a la figura 9, se muestran varios gráficos 42, 44, 46 de las diferencias RMS entre la superficie objetivo y la superficie optimizada del nuevo diseño de lente usando tres funciones de ponderación diferentes 48, 50, 52. En este caso, los contornos se ilustran a 0,03 dioptrías. Los gráficos 48, 50, 52 muestran contornos de varios pesos, mientras que los gráficos 42, 44, 46 muestran los errores de potencia RMS obtenidos después del ajuste de mínimos cuadrados con la distribución de pesos correspondiente 48, 50, 52.

Más específicamente, el gráfico 44 muestra el resultado de incluir una línea de ponderación de gran amplitud a lo largo de la trayectoria ocular. En este caso, los errores disminuyen a lo largo de la trayectoria ocular tal y como se espera, pero la mejora no se extiende más hacia la zona de lejos.

El gráfico 46 muestra el resultado de personalizar los pesos de fondo para que sean los más altos en la región de cilindro bajo. Como resultado de la personalización, la superficie optimizada coincide con la superficie objetivo con una mejora de 0,03 dioptrías en toda la región de visión nítida de la lente.

El resultado de 'empujar' el error fuera de la región 'importante' de la lente es que la potencia en la periferia puede modificarse adicionalmente en comparación con la superficie objetivo. Como se ha descrito anteriormente, el método de la invención busca producir un nuevo diseño de lente que tenga un equilibrio entre tamaños de zonas con un valor que sea sustancialmente idéntico a un valor de equilibrio de zonas preferido del portador, pero que tenga un diseño periférico que sea sustancialmente idéntico al del diseño de lente de referencia seleccionado.

Haciendo referencia a continuación a la figura 10, se muestra el efecto de la función de ponderación final 52 (véase la figura 9) en la potencia media (véase la figura 10(b)) y gráficos de cilindro (véase la figura 10(d)) de la superficie optimizada en comparación con la superficie objetivo.

Como resulta evidente comparando la figura 10(d) con la figura 10(c), el cilindro periférico es un poco más visible en comparación con la superficie objetivo y la optimización ponderada uniforme. Sin embargo, aparte de los cambios en los tamaños angulares de la zona de lejos y la zona de cerca, las distribuciones globales de la potencia media y el cilindro son sustancialmente idénticas a la superficie objetivo.

Haciendo referencia a continuación a la figura 11, se muestra la distribución de astigmatismo en superficie para un conjunto de superficies calculadas con respecto a una variedad de equilibrios entre tamaños de zonas. Todas las superficies partieron del mismo diseño de lente de referencia, después se 'transformaron' usando una función de transformación para proporcionar una superficie objetivo respectiva y posteriormente se ajustaron mediante mínimos cuadrados, usando una función de ponderación apropiada, para proporcionar la superficie realizable del nuevo diseño de lente.

**Ejemplo 2: Transformación de descentramiento de trayectoria ocular**

Las lentes de adición progresiva también pueden incluir un descentramiento.

Si un diseño de lente de referencia seleccionado 4 presenta un descentramiento, entonces el método de la invención puede modificar la forma del diseño de la lente de referencia 4 para obtener de este modo un nuevo diseño de lente 5 12 que presenta un equilibrio entre tamaños de zonas que se corresponde con el valor preferido del portador, así como un descentramiento que es sustancialmente idéntico al descentramiento del diseño de lente de referencia 4.

Como alternativa, el método puede simplemente proporcionar un nuevo diseño de lente 12 que tenga tanto un equilibrio entre tamaños de zonas como un descentramiento que sean sustancialmente idénticos a los valores preferidos del portador respectivo. Es decir, el nuevo diseño de lente 12 puede tener un descentramiento diferente con respecto al diseño de lente de referencia 4.

A este respecto, en la figura 12 se muestra el resultado del proceso de transformación de descentramiento de trayectoria ocular, que puede usarse junto con el proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas 36, para proporcionar un nuevo diseño de lente 12 que presenta tanto un descentramiento como un equilibrio entre tamaños de zonas que están más estrechamente relacionados con las necesidades del portador.

Como se muestra en la figura 12, el proceso de transformación de descentramiento aplica una función de transformación que modifica el descentramiento según el valor de descentramiento preferido del portador. En el ejemplo mostrado en la figura 12 se ha usado un desplazamiento de tipo 'acordeón' 54 para obtener el descentramiento de trayectoria ocular deseado. Sin embargo, otros tipos de desplazamiento son también posibles.

Un proceso de transformación de descentramiento también puede usar funciones de ponderación adecuadas que resalten la parte de la curvatura de superficie que debería permanecer inalterada. Una función de ponderación adecuada puede generarse como una función simple de cilindro de superficie. Como alternativa, una función de ponderación adecuada puede generarse en función de un único nivel de contorno especificado.

### **Ejemplo 3: Proceso de transformación de longitud de pasillo**

En la figura 13 se muestra el resultado de un proceso de transformación de longitud de pasillo, que puede usarse junto con el proceso de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas 36, para proporcionar un nuevo diseño de lente que presenta tanto un equilibrio entre tamaños de zonas y una longitud de pasillo que están más estrechamente relacionados con las necesidades del portador.

Como se muestra en la figura 13, el proceso de transformación de longitud de pasillo aplica una función de transformación que modifica (es decir, aumenta o reduce) la longitud del pasillo según el valor de longitud de pasillo preferido del portador.

De manera ventajosa, el proceso de transformación de longitud de pasillo proporciona un nuevo diseño de lente que tiene sustancialmente la misma forma de trayectoria ocular, sustancialmente los mismos tamaños angulares especificados de la zona de lejos y la zona de cerca, y sustancialmente el mismo diseño periférico que la lente de referencia.

Como se muestra en la figura 13, una función de transformación que es adecuada para usarse en un proceso de transformación de longitud de pasillo puede utilizar una expansión de 'acordeón abocinado' 56, o contracción, para obtener la longitud de pasillo deseada. Otros tipos de expansión, o contracción, pueden ser también adecuados.

Un proceso de transformación de longitud de pasillo también puede usar funciones de ponderación adecuadas que resalten la parte de la curvatura de superficie que debería permanecer inalterada. Una función de ponderación adecuada puede generarse como una función simple de cilindro de superficie. Como alternativa, una función de ponderación adecuada puede generarse en función de un único nivel de contorno especificado.

### **Ejemplo 4: Transformación combinada de equilibrio entre tamaños de zonas, de longitud de pasillo y de descentramiento de trayectoria ocular**

Como se muestra en la figura 14, un proceso de transformación puede implicar un proceso de múltiples fases.

Un proceso de transformación de múltiples fases puede implicar transformar 58 la forma del diseño de lente de referencia 4 aplicando una primera función de transformación (una función de transformación de descentramiento) al diseño de lente de referencia 4 para proporcionar de este modo un diseño intermedio 60 sin el descentramiento.

Tras haber eliminado el descentramiento, el método puede llevar a cabo un segundo proceso de transformación 62 mediante el cual una segunda función de transformación (una función de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas) se aplica al diseño de lente 60 para proporcionar un diseño de lente que presenta un equilibrio entre tamaños de zonas 64 según el valor de equilibrio entre tamaños de zonas preferido del portador.

Finalmente, una tercera función de transformación (una función de transformación de descentramiento) se aplica 66 para volver a introducir el descentramiento original del diseño de lente de referencia 4 y obtener de ese modo la superficie objetivo resultante.

5 De hecho, aunque el ejemplo anterior se ha descrito en lo que respecta a un proceso de múltiples fases que modifica un diseño de lente de referencia 4 que presenta un descentramiento para obtener un nuevo diseño de lente 14 que presenta un equilibrio entre tamaños de zonas que coincide con el valor preferido del portador, así como un descentramiento que es sustancialmente idéntico al del diseño de lente de referencia, debe entenderse que otros tipos de proceso de transformación de múltiples fases son también posibles.

10 Por ejemplo, un proceso de transformación de múltiples fases que es adecuado para el método de la presente invención puede implicar la aplicación de una función de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas y una función de transformación de longitud de pasillo para proporcionar de este modo un nuevo diseño de lente que presenta un equilibrio entre tamaños de zonas y una longitud de pasillo que coinciden con los valores preferidos respectivos del portador.

15 Como alternativa, un proceso de transformación de múltiples fases puede implicar la aplicación de una función de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas, una función de transformación de descentramiento y una función de transformación de longitud de pasillo para proporcionar de este modo un nuevo diseño de lente que presenta un equilibrio entre tamaños de zonas, un descentramiento y una longitud de pasillo que tienen valores que coinciden con los respectivos valores preferidos del portador.

20 De hecho, haciendo referencia a la figura 15 se muestra un ejemplo del efecto de un proceso de transformación de múltiples fases que modifica la superficie de un diseño de lente de referencia 68 que presenta un descentramiento de 2,3 mm para proporcionar un nuevo diseño de lente 70 que tiene un descentramiento, un equilibrio entre tamaños de zonas y una longitud de pasillo modificados.

25 Más específicamente, el proceso de transformación de múltiples fases ilustrado elimina en primer lugar el descentramiento de 2,3 mm usando una función de transformación de descentramiento para proporcionar la superficie 72. Después, el proceso de transformación de múltiples fases aplica una función de transformación de equilibrio entre tamaños de zonas para proporcionar la superficie 74.

30 Usando un proceso de transformación de longitud de pasillo, la longitud de pasillo de la superficie 74 se transforma (en este caso, la longitud de pasillo aumenta en 2,0 mm) para proporcionar la superficie 76. Después, la superficie 76 se transforma usando una función de transformación de descentramiento para introducir un descentramiento de 3,8 mm, proporcionando así la superficie 78.

35 Tras haberse aplicado las funciones de transformación para transformar la matriz de potencia para obtener la superficie 76, la siguiente etapa del proceso de transformación de múltiples fases implica calcular el ajuste de mínimos cuadrados con respecto a la superficie 76 para obtener una superficie de lente 70 que sea realizable.

40 A este respecto, se conseguirá un mejor resultado final si se usa una función de 'ponderación' apropiada para un ajuste de mínimos cuadrados. Una función de ponderación apropiada será una función que resalte la región de la superficie objetivo que debería permanecer inalterada. En este caso, la superficie 70 muestra la superficie realizada real después de que se haya aplicado un ajuste de mínimos cuadrados a la superficie 76.

45 Haciendo referencia a la figura 16, se muestra una serie de diagramas vectoriales 80 que muestran la dirección y la magnitud del movimiento requerido para conseguir la transformación del proceso de transformación de múltiples fases de la figura 15. También se muestran gráficos de distorsión de cuadrícula 82 que ilustran las distorsiones espaciales impuestas por las respectivas funciones de transformación.

Se contempla que el método de la invención será útil para dispensar un diseño de lente personalizado basado en diseños existentes.

55 Finalmente, se entenderá que puede haber otras variaciones y modificaciones en las configuraciones descritas en el presente documento que también están dentro del alcance del presente conjunto de reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de diseño de una lente progresiva, llevándose a cabo el método en un aparato programable, incluyendo el método la etapa de modificar un diseño de lente progresiva de referencia que tiene un diseño periférico que es adecuado para un portador y que tiene una o más características de diseño con valores conocidos, siendo el diseño periférico una distribución de una o más características ópticas de regiones periféricas de un diseño de lente progresiva, incluyendo dichas una o más características de diseño al menos el equilibrio entre tamaños de zonas, siendo el equilibrio entre tamaños de zonas la relación de áreas de superficie de lente disponibles para una visión nítida de objetos a una distancia infinita con respecto a una superficie de lente disponible para ver objetos a la distancia de lectura típica del portador, incluyendo dicha etapa de modificación la etapa de trasladar posiciones de puntos asociados con una potencia dada al mismo tiempo que se mantiene sustancialmente la conectividad entre los puntos para proporcionar un nuevo diseño de lente progresiva en el que la una o más características de diseño se han personalizado según las preferencias del portador; en el que modificar el diseño de lente progresiva de referencia para proporcionar un nuevo diseño de lente progresiva que tiene características de diseño que han sido personalizadas según las preferencias del portador incluye modificar el equilibrio entre tamaños de zonas del diseño de lente progresiva de referencia modificando la relación entre el tamaño angular de la zona de lejos y el tamaño angular de la zona de cerca del diseño de lente progresiva de referencia al mismo tiempo que se mantiene constante la suma de los tamaños angulares de manera que regiones periféricas del nuevo diseño de lente progresiva conservan sustancialmente la misma distribución de borrosidad periférica que regiones periféricas del diseño de lente progresiva de referencia.
- 2.- Un método según la reivindicación 1, en el que dicha modificación incluye modificar la forma del diseño de lente progresiva de referencia.
- 3.- Un método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la una o más características de diseño que tienen valores conocidos incluyen además al menos uno de entre el descentramiento de trayectoria ocular y la longitud de pasillo.
- 4.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el diseño de lente progresiva de referencia se modifica transformando la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente progresiva de referencia.
- 5.- Un método según la reivindicación 4, en el que dicha transformación incluye una pluralidad de procesos de transformación, usando cada proceso de transformación una función de transformación para una característica de diseño respectiva.
- 6.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 4 ó 5, en el que dicha transformación incluye rotar las regiones periféricas nasales y temporales del diseño de lente de referencia en sentidos opuestos.
- 7.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que cada proceso de transformación usa un sistema de coordenadas elíptico.
- 8.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el equilibrio entre tamaños de zonas se modifica según un valor preferido del portador.
- 9.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que el diseño de lente progresiva de referencia se representa en forma de una matriz de curvatura de superficie y en el que la transformación de la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente progresiva de referencia incluye aplicar una función de transformación a la matriz de curvatura de superficie para producir una distribución de curvatura de superficie objetivo para el nuevo diseño de lente progresiva.
- 10.- Un programa informático para hacer que un aparato programado ejecute un método de diseño de una lente progresiva, incluyendo el programa informático:
- (a) código de programa informático para procesar un archivo electrónico que contiene un diseño de lente progresiva de referencia que tiene un diseño periférico que es adecuado para el portador y una o más características de diseño con valores conocidos, siendo el diseño periférico una distribución de una o más características ópticas de regiones periféricas de un diseño de lente progresiva, incluyendo dichas una o más características de diseño al menos el equilibrio entre tamaños de zonas, siendo el equilibrio entre tamaños de zonas la relación de áreas de superficie de lente disponibles para una visión nítida de objetos a una distancia infinita con respecto a una superficie de lente disponible para ver objetos en la distancia de lectura típica del portador, incluyendo dicho procesamiento la etapa de modificar el diseño de lente progresiva de referencia, incluyendo la etapa de modificación la etapa de trasladar posiciones de puntos asociados a una potencia dada al mismo tiempo que se mantiene sustancialmente la conectividad entre los puntos para proporcionar un nuevo diseño de lente progresiva en el que al menos una de las características de diseño se han personalizado según las preferencias del portador; y
- (b) código de programa informático para proporcionar un archivo electrónico que contiene el nuevo diseño de lente

progresiva;

- 5 en el que modificar el diseño de lente progresiva de referencia para proporcionar un nuevo diseño de lente progresiva que tiene características de diseño que han sido personalizadas según las preferencias del portador incluye modificar el equilibrio entre tamaños de zonas del diseño de lente progresiva de referencia modificando la relación entre el tamaño angular de la zona de lejos y el tamaño angular de la zona de cerca del diseño de lente progresiva de referencia al mismo tiempo que se mantiene constante la suma de los tamaños angulares de manera que las regiones periféricas del nuevo diseño de lente progresiva conserven sustancialmente la misma distribución de borrosidad periférica que las regiones periféricas del diseño de lente progresiva de referencia.
- 10 11.- Un programa informático según la reivindicación 10, en el que la una o más características de diseño que tienen valores conocidos incluyen además el descentramiento de trayectoria ocular y la longitud de pasillo.
- 15 12.- Un programa informático según una cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, en el que el diseño de lente progresiva de referencia se modifica transformando la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente progresiva de referencia.
- 20 13.- Un programa informático según la reivindicación 12, en el que la transformación incluye una pluralidad de procesos de transformación, usando cada proceso de transformación una función de transformación para una característica de diseño respectiva.
- 25 14.- Un programa informático según la reivindicación 12 ó 13, en el que dicha transformación incluye rotar las regiones periféricas nasales y temporales del diseño de lente de referencia en sentidos opuestos.
- 30 15.- Un programa informático según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que cada proceso de transformación usa un sistema de coordenadas elíptico.
- 35 16.- Un programa informático según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, en el que el diseño de lente progresiva de referencia se representa en forma de una matriz de curvatura de superficie y en el que la transformación de la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente progresiva de referencia incluye aplicar una función de transformación a la matriz de curvatura de superficie para producir una distribución de curvatura de superficie objetivo para el nuevo diseño de lente progresiva.
- 17.- Un medio de almacenamiento legible por ordenador codificado con un programa informático según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16.
- 18.- Un aparato programado, programado con un programa informático según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16.



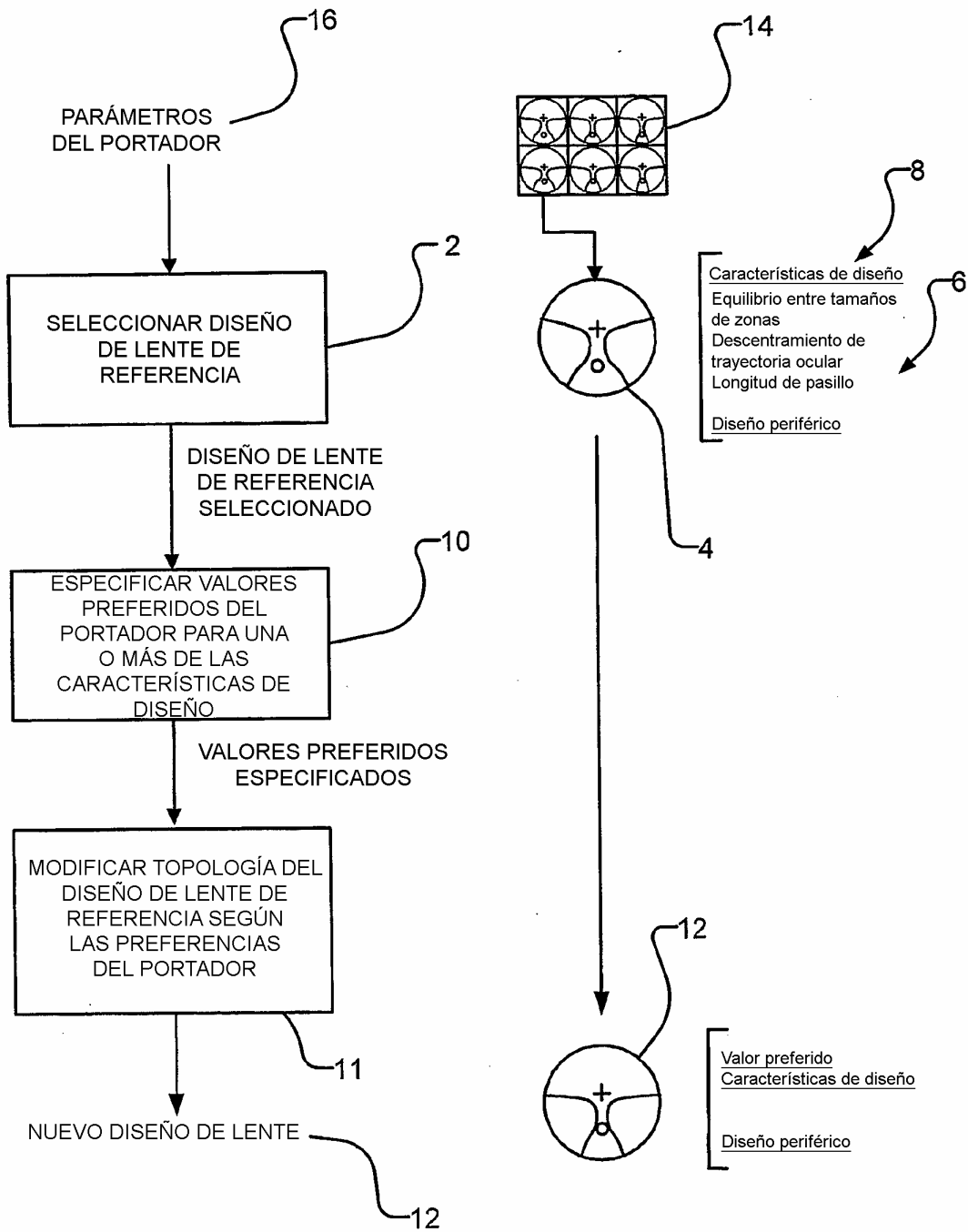


FIGURA 1

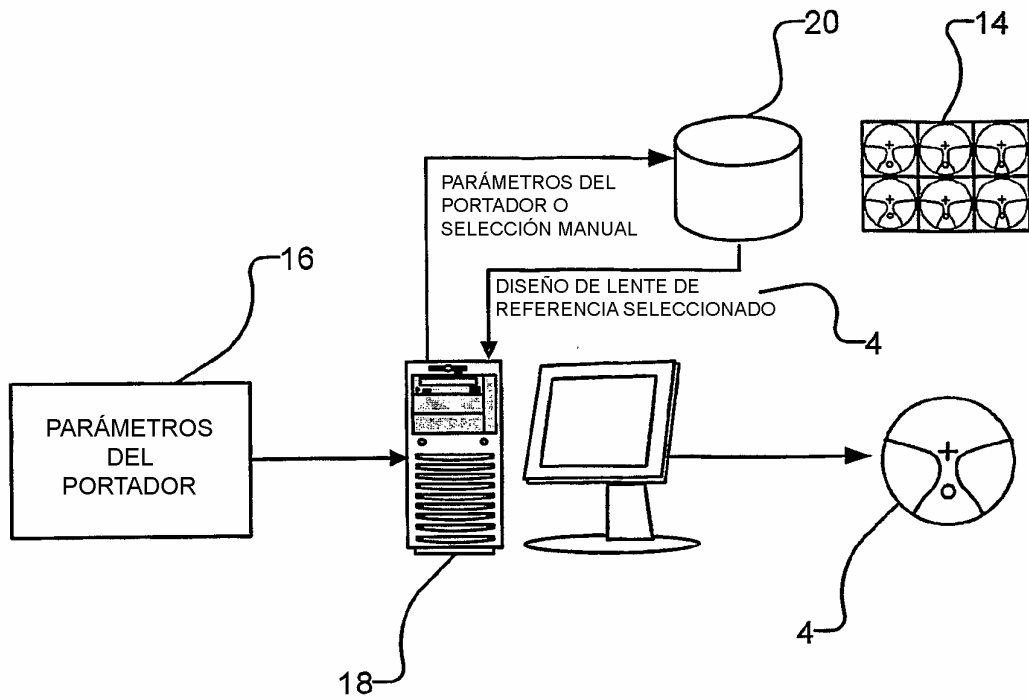


FIGURA 2

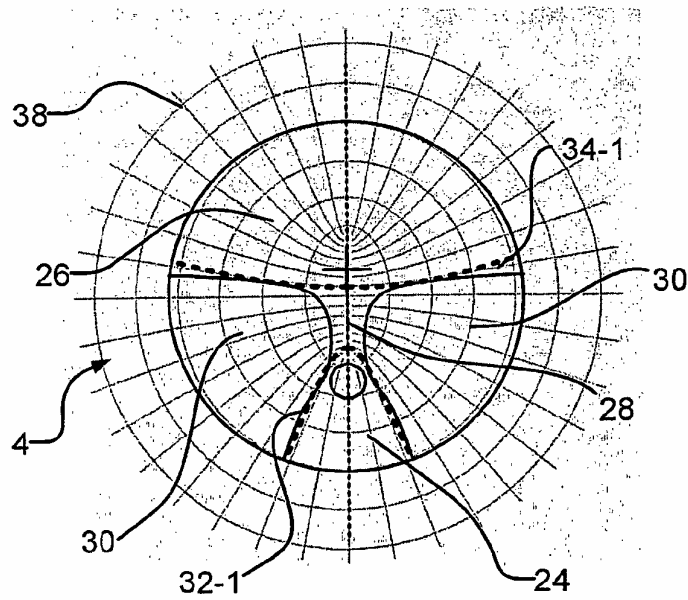


FIGURA 3

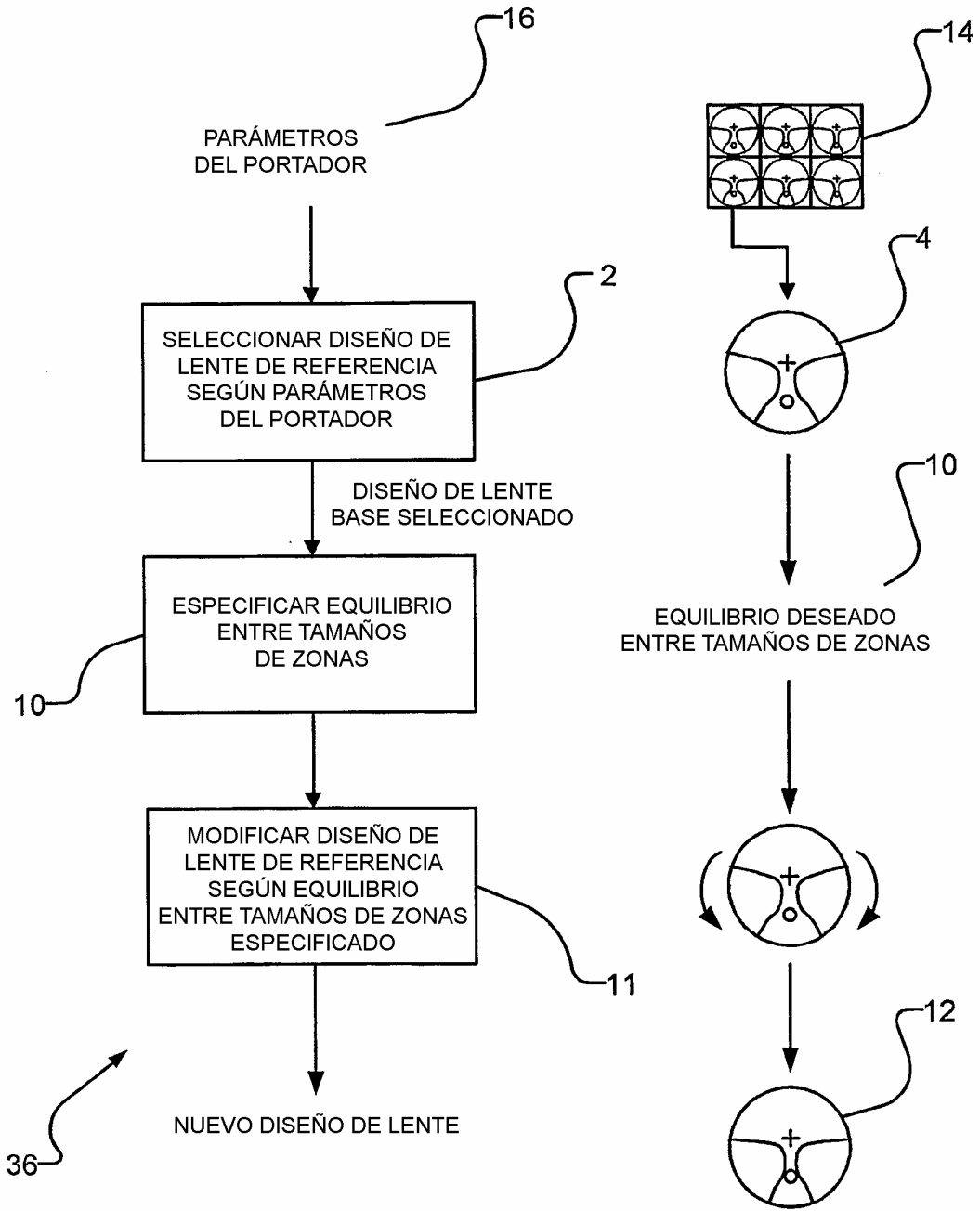


FIGURA 4

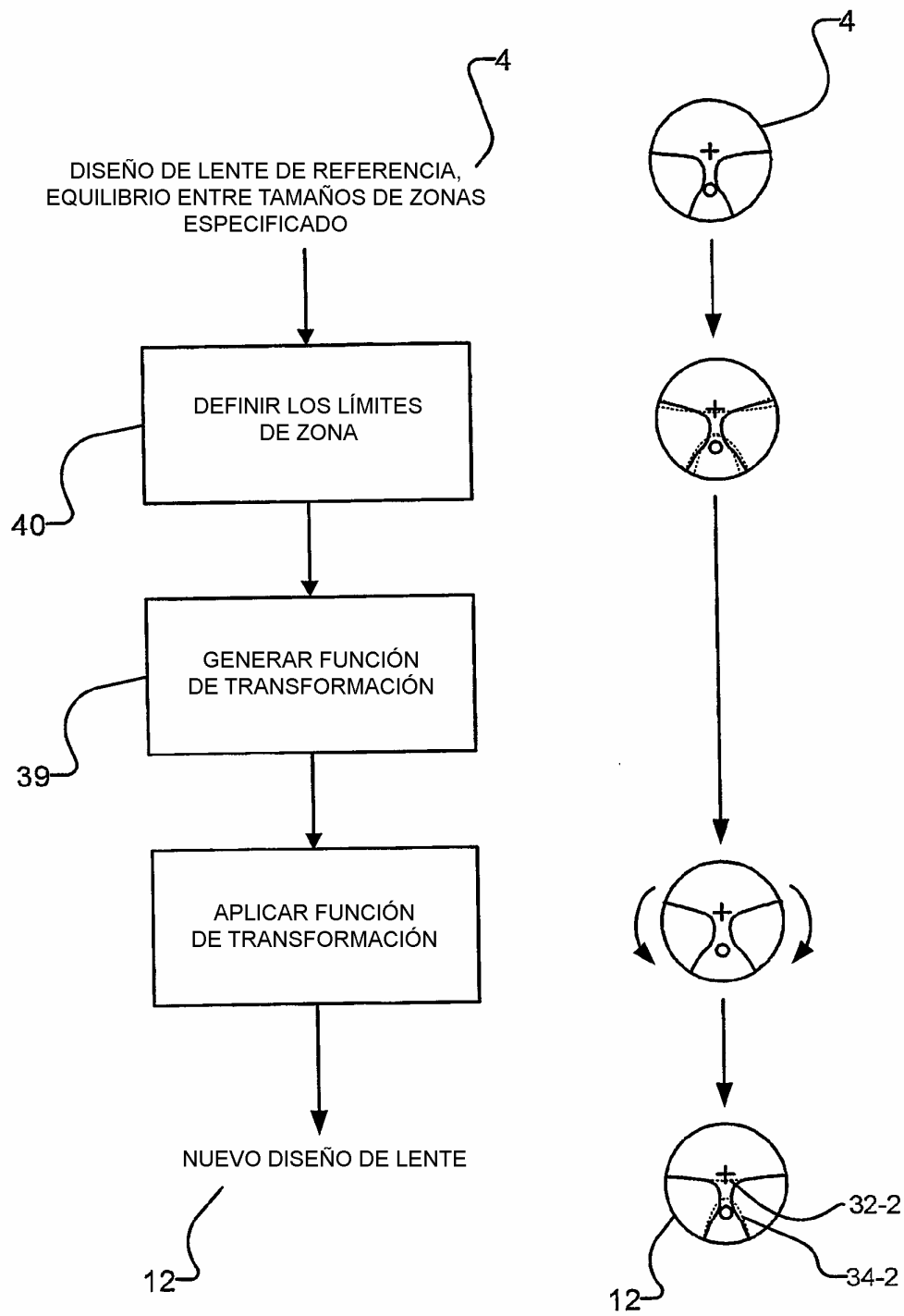


FIGURA 5

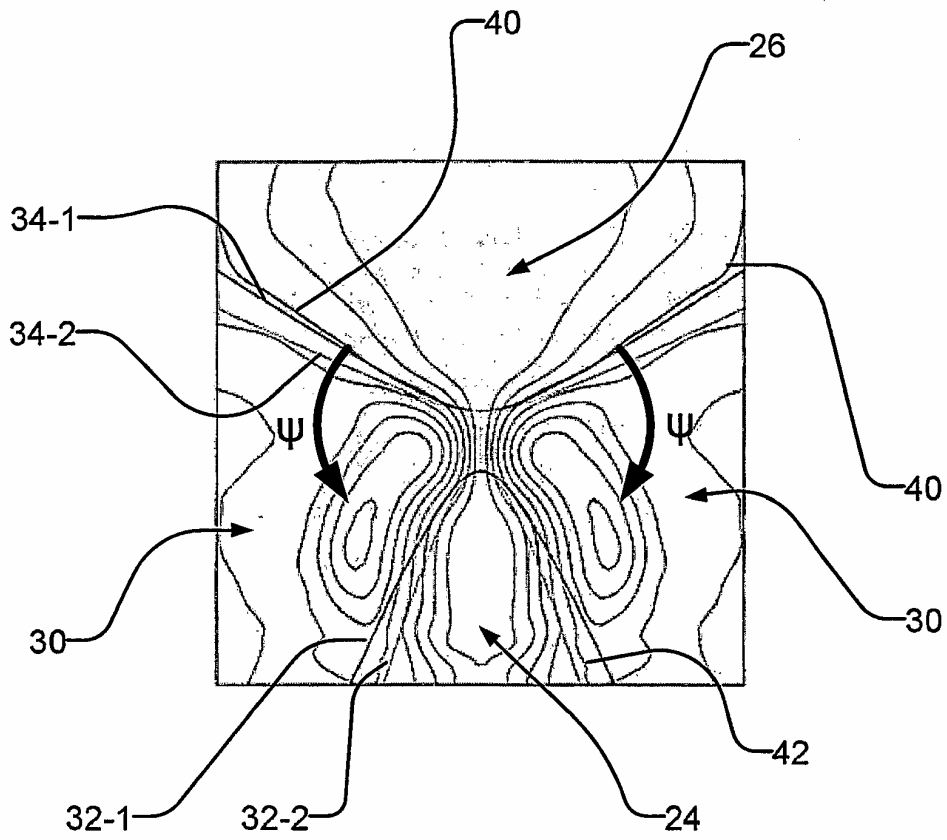


FIGURA 6

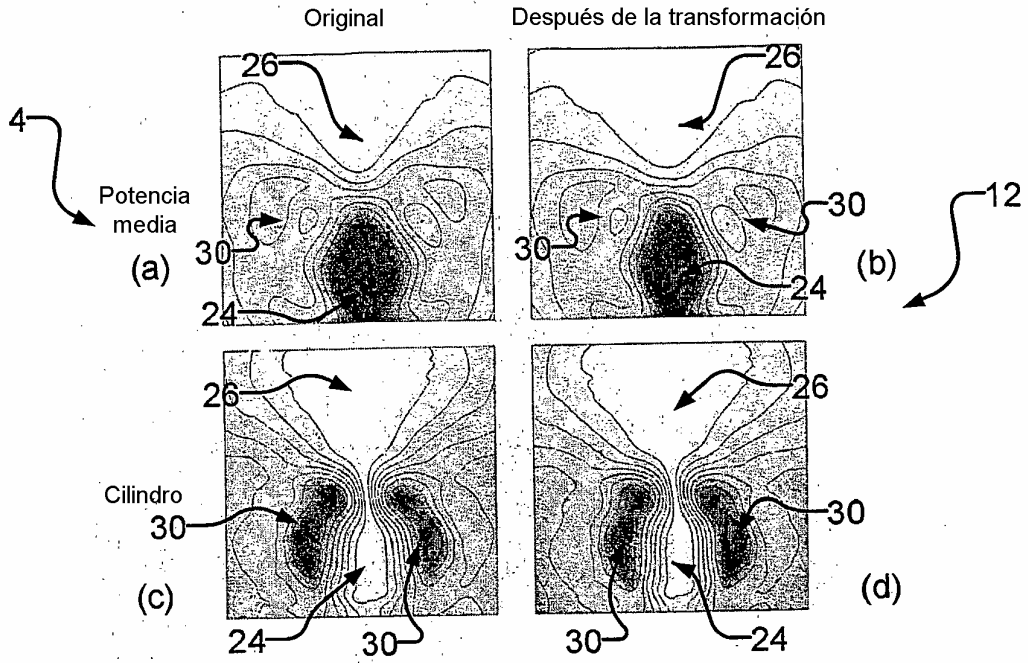


FIGURA 7

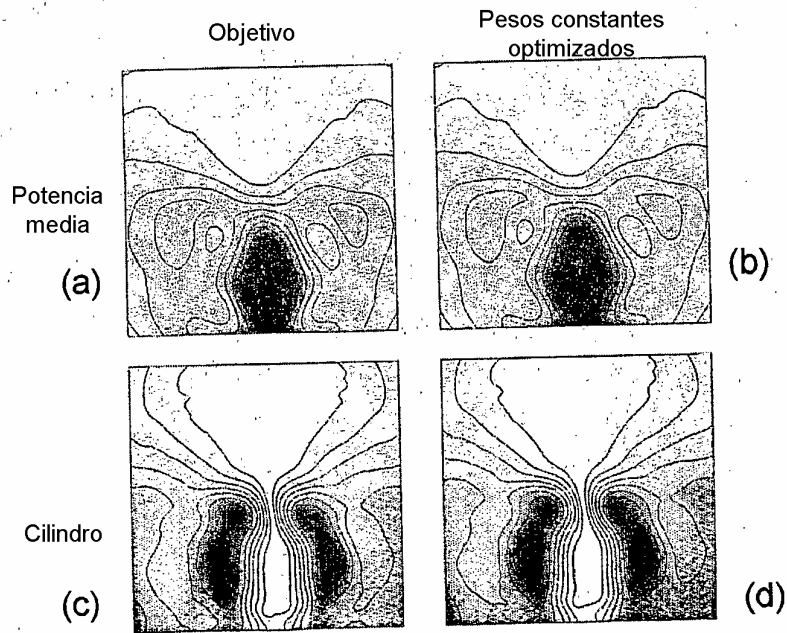


FIGURA 8

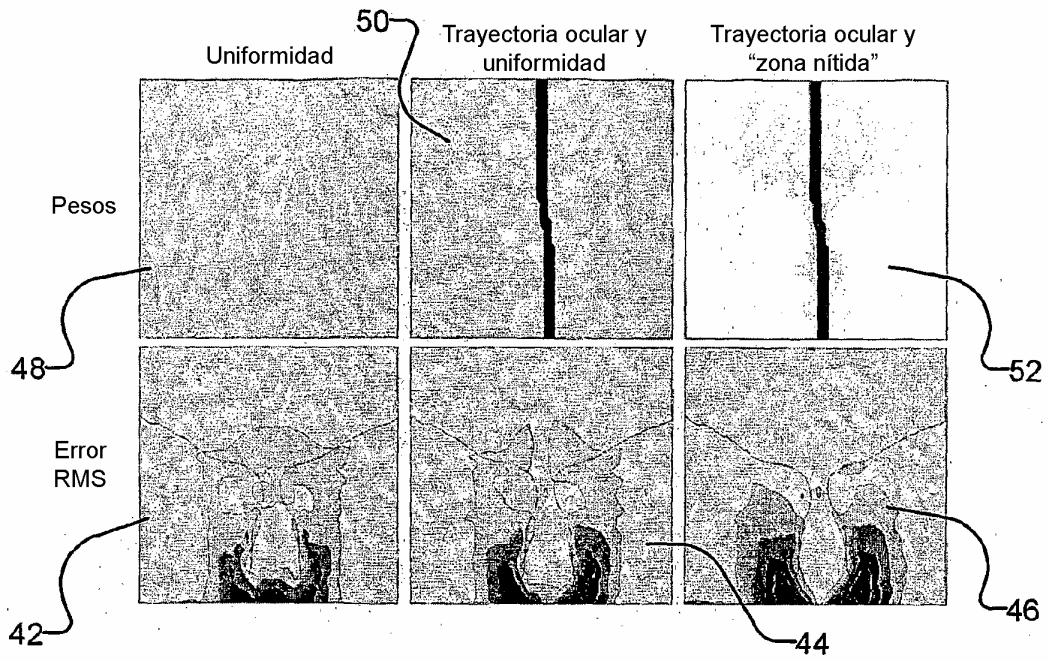


FIGURA 9

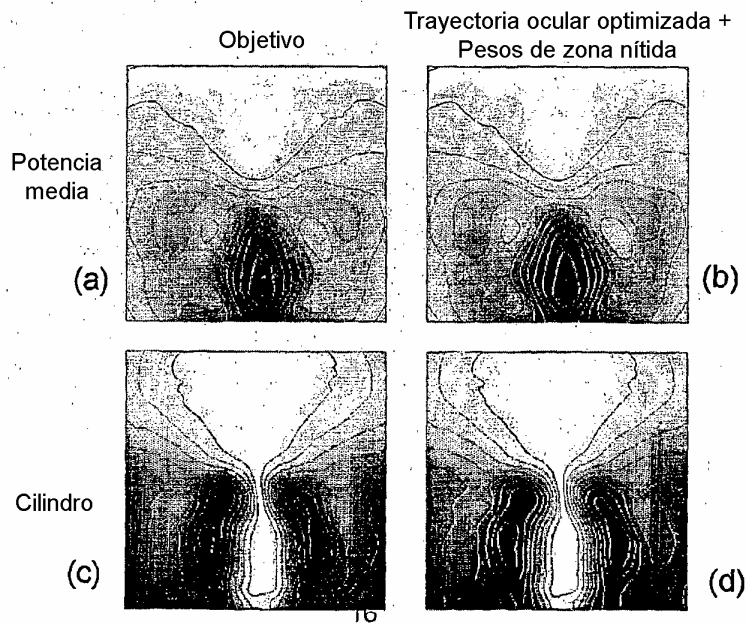


FIGURA 10

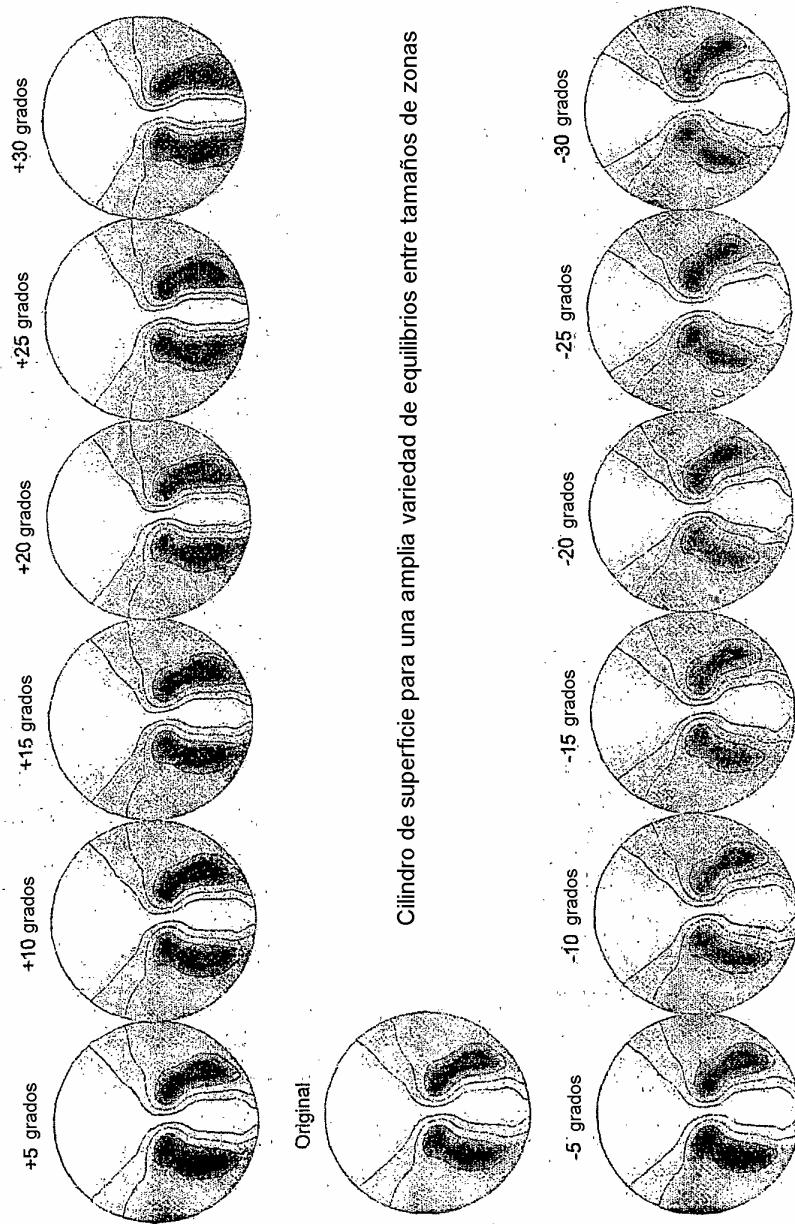


FIGURA 11



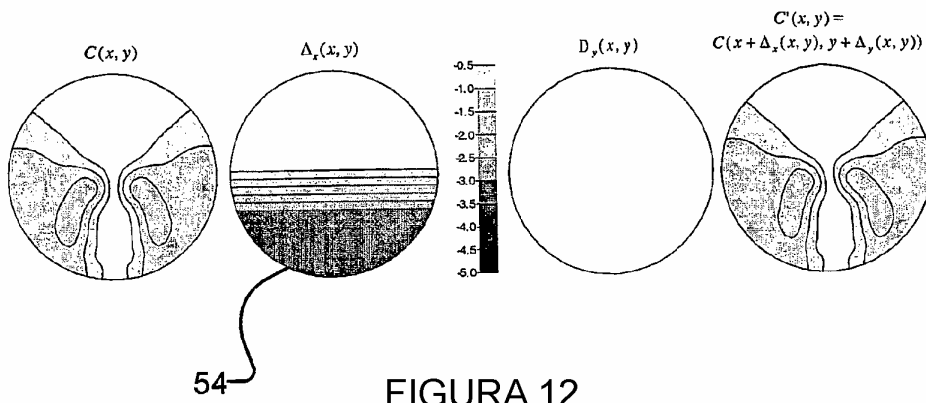


FIGURA 12

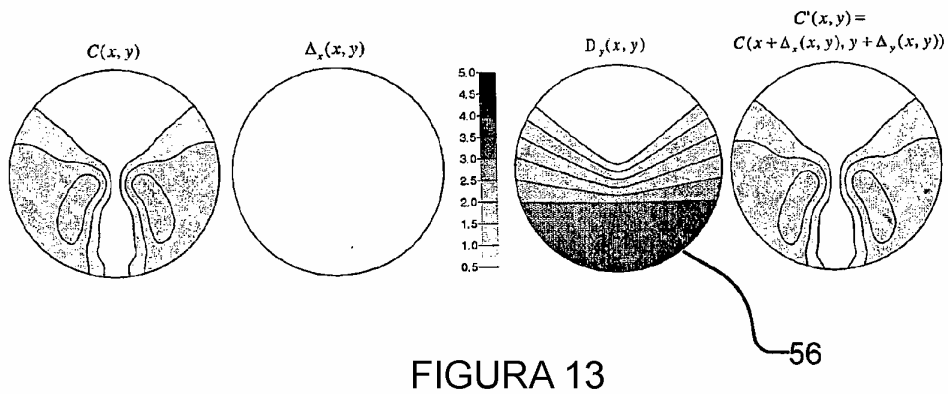


FIGURA 13

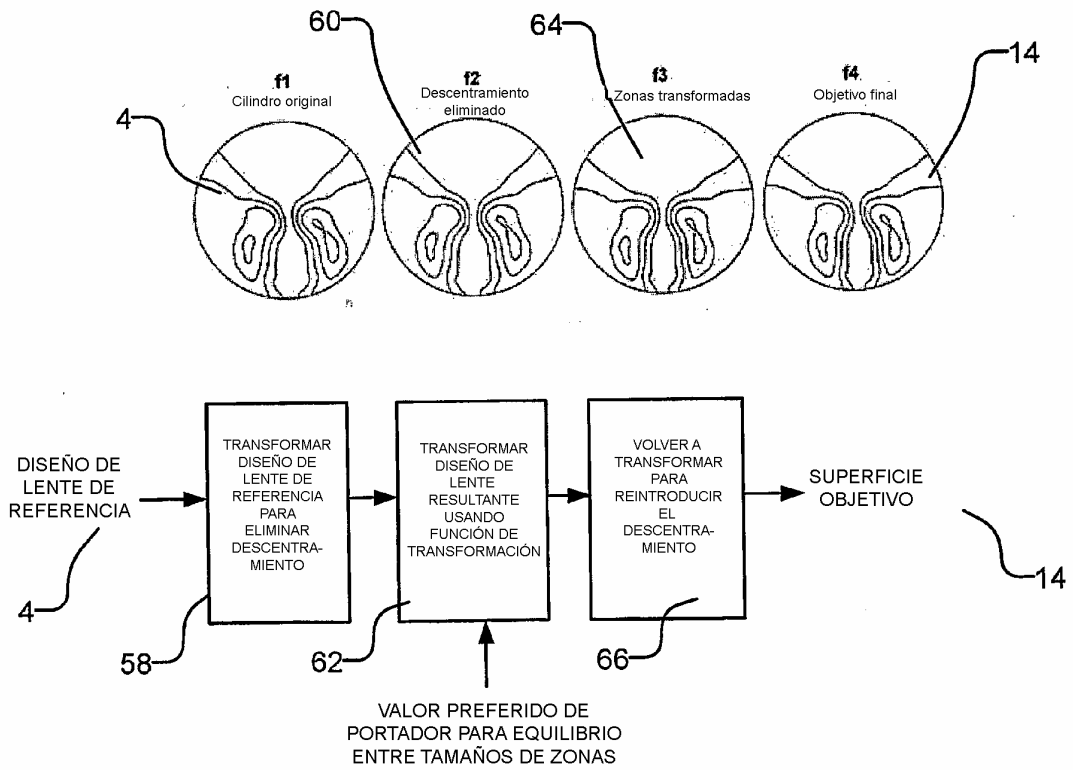


FIGURA 14

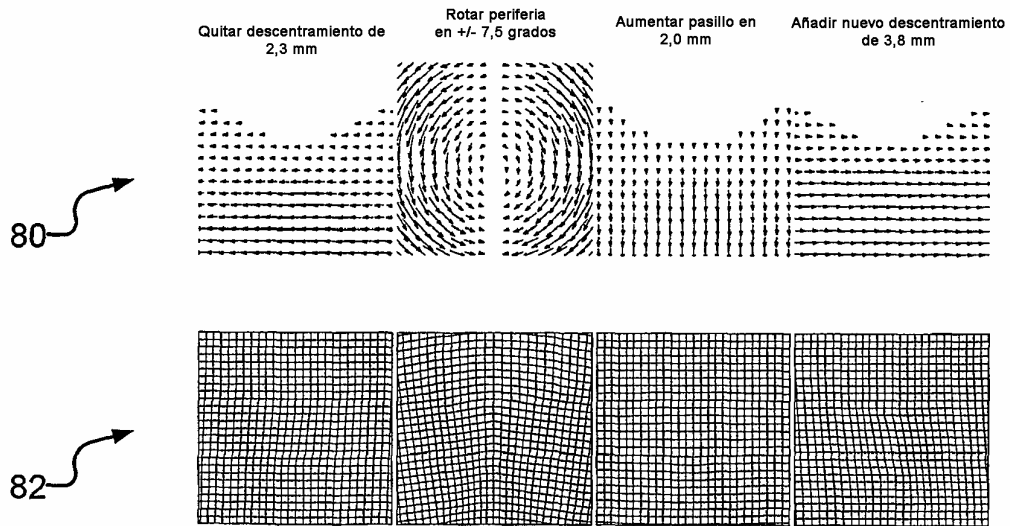
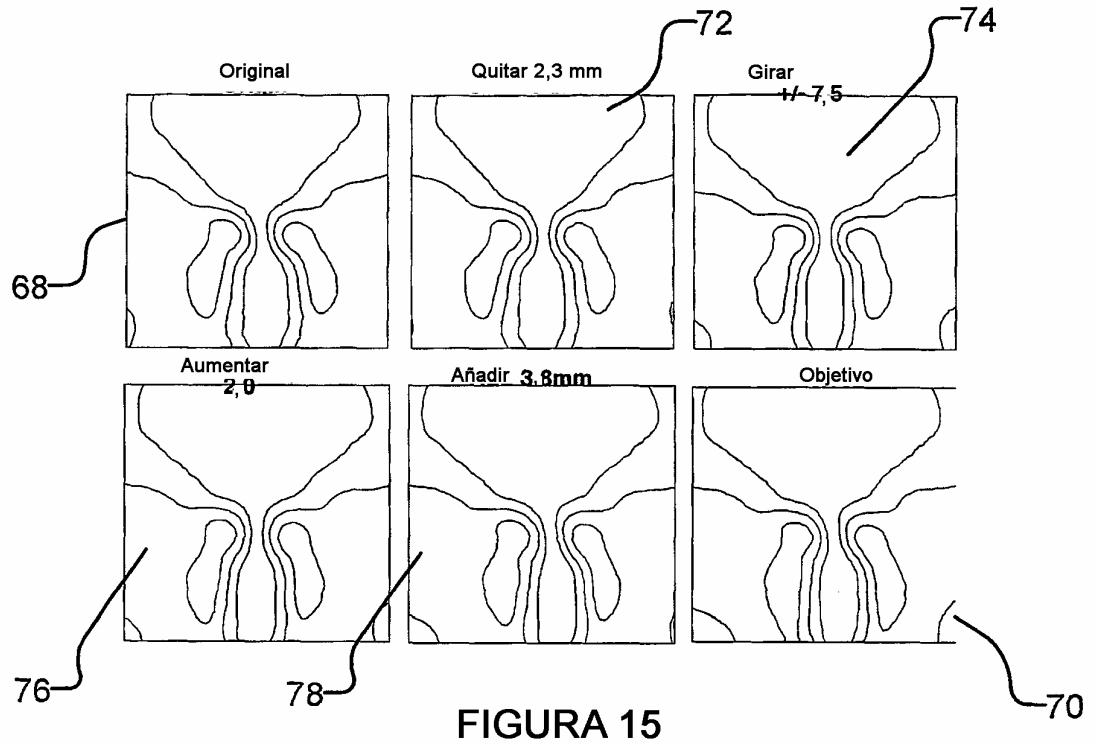


FIGURA 16