

REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

(18) ES (19) Y	(11) NUMERO 296959
	(22) FECHA DE PRESENTACION 27 DIC. 1985



ESPAÑA

MODELO DE UTILIDAD

1 MAR. 1988

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
---	---	---

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(61) CLASIFICACION INTERNACIONAL
	Int. Cl. G02B3/08

(54) TITULO DE LA INVENCIÓN

"Lente oftálmica de potencia progresiva"

"Como transformación de la solicitud de patente de introducción nº 550.453 del 27.12.1985"

(71) SOLICITANTE (S)

INDO INTERNACIONAL S.A.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

Sta. Eulalia, 181
08902-L'HOSPITALET DE LLOBREGAT (Barcelona)

(72) INVENTOR (ES)

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE

M. Curell Suñol

R-3335-142

M O D E L O D E U T I L I D A D

por VEINTE años

solicitado en España a favor de INDO INTERNACIONAL, S.A., de nacionalidad española, domiciliada en Santa Eulalia 181, L'HOSPITALET DEL LLOBREGAT (Barcelona), por "Lente oftálmica de potencia progresiva".

MEMORIA DESCRIPTIVA

La invención concierne a lentes oftálmicas en general, y más particularmente a una lente oftálmica de potencia progresiva, en la cual o bien la deformación es controlada de forma tal que quien la lleva percibe líneas verticales como verticales en la mayor parte de la zona de visión de la lente, o bien el grado de deformación es fuertemente reducido.

El ojo humano es un órgano sensible aún siendo relativamente simple. Contiene en su superficie exterior una lente para recibir la luz de diferentes objetos en su campo de visión. Una retina está situada detrás de la lente para servir de pantalla de visión para los rayos focalizados sobre ella por la lente. Una serie de músculos rodean la lente y actúan sobre ella para aumentar o reducir su curvatura y su longitud focal para el enfoque sobre objetos que están o bien cerca o bien alejados del ojo. Cuando el ojo normal mira objetos relativamente distantes, la lente y

los músculos están en reposo. En esta posición, la lente ideal tiene en su superficie la curvatura conveniente para enfocar el objeto distante sobre la retina. En el momento de la observación de objetos cercanos, los músculos del ojo actúan sobre la lente para aumentar su curvatura y reducir 5 suficientemente su distancia focal para enfocar la imagen del objeto cercano sobre la retina. Esta capacidad del ojo de ajustarse el mismo a distancias variables es generalmente conocida bajo el nombre de acomodación. Cuando la edad 10 del hombre aumenta, este poder de acomodación disminuye generalmente. Esto ocurre por el hecho de que los músculos del ojo pasan a ser tensos y débiles. Por ejemplo, un niño tiene normalmente un poder de acomodación de por lo menos catorce dioptrías. En la mitad de la vida, el poder de acomodación 15 está reducido frecuentemente a aproximadamente tres dioptrías y, en la vejez, el poder de acomodación puede desaparecer completamente.

Durante mucho tiempo, los científicos y los ingenieros en óptica han intentado encontrar soluciones a este 20 problema de la reducción de la acomodación con la edad. El medio sin duda el más corriente que ha sido encontrado para tratar este estado consiste en construir la lente oftálmica de corrección utilizada por la persona que tiene una acomodación reducida con una pluralidad de superficies esféricas. 25 Generalmente son conocidas bajo el nombre de lentes bifocales y trifocales según que contengan dos o tres partes esféricas. En la lente bifocal, se prevén dos segmen-

tos separados de vergencias distintas, entendiendo como vergencia la convergencia o divergencia de los citados segmentos. La vergencia de uno de estos segmentos es tal que la visión a través de él permite el enfoque sobre objetos cercanos, por ejemplo para la lectura, mientras que el otro segmento corrige la visión para objetos alejados. En una lente oftálmica trifocal, un tercer segmento esférico está interpuesto entre los dos segmentos anteriormente mencionados para dar una visión nítida al portador entre las vergencias de los segmentos para visión distante y de lectura de la lente. La otra superficie de la lente oftálmica multifocal está entonces provista de una superficie esférica o toroidal concebida de forma específica para adaptar la lente multifocal a la prescripción oftálmica particular del utilizador.

Los utilizadores de lentes oftálmicas multifocales encuentran sin embargo algunas dificultades importantes. En primer lugar, existe una línea de demarcación clara entre los diferentes segmentos de la lente multifocal. Cuando la línea de visión atraviesa esta línea, se produce usualmente un "salto" de la imagen percibida. Es difícil para el utilizador habituarse a esta sensación y tenerla en cuenta en la vida normal. A continuación, personas que tengan un poder de acomodación muy reducido son incapaces de enfocar nítidamente los objetos que se sitúan a distancias comprendidas entre aquellas para las que han sido previstos los distintos segmentos. En tercer lugar, particularmente

entre los jovenes que tienen poderes de acomodación reducidos, es a menudo difícil convencer a ciertos individuos que les hacen falta lentes oftálmicas multifocales para ver. Esto es generalmente atribuido al hecho de que la acomodación reducida está asociada con la edad. La lente multifocal tipo tiene una línea de separación distinta entre los diferentes segmentos, que es fácilmente visible para las gentes que se encuentran cerca de quien la lleva. Existe pues, junto a los problemas ópticos de las lentes oftálmicas multifocales, ciertos problemas de estética.

La solución general evidente de estos problemas consiste en situar una zona de visión intermedia entre la zona de visión alejada y la zona de lectura, cuya vergencia pase progresivamente de la de la parte para visión alejada a la de la parte para la lectura. Para esta solución, se proporciona una lente oftálmica en la cual los problemas ópticos y estéticos pueden ser resueltos porque no hay ni líneas de salto óptico entre los segmentos distintos, ni líneas visibles entre los distintos segmentos. Además, todas las vergencias intermedias entre las partes para visión alejada y de lectura están previstas para que el utilizador pueda ver claramente objetos a no importa que distancia por una parte de esta zona intermedia. Una lente de este tipo es generalmente conocida bajo el nombre de lente oftálmica de potencia o vergencia progresiva. Una revisión excelente de estas lentes ha sido dada por A.G. Bennett en los números de "The Optician" de octubre y noviembre de 1970 y de

febrero y marzo de 1971. En este trabajo, se discuten los distintos ensayos que han sido hechos para proporcionar lentes oftálmicas progresivas de este tipo por diferentes científicos e ingenieros en óptica durante aproximadamente los últimos 70 años.

Todas las lentes de potencia progresiva de la técnica conocida tienen por lo menos un defecto comun. Se encuentra como necesariamente concomitante a una superficie no esférica tal como las que se encuentran en las lentes de potencia progresiva una cierta cantidad de astigmatismo y de distorsión en la superficie de refracción, particularmente en las partes periféricas de la zona de transición. La distorsión lleva consigo un efecto de vértigo o de desequilibrio cuando la cabeza del utilizador se desplaza en el entorno visual. Este efecto ha llevado consigo nauseas entre los numerosos utilizadores de estas lentes y ha definitivamente impedido la amplia utilización de este tipo de gafas. Además, el astigmatismo lleva consigo una interferencia de la visión por las zonas afectadas de la lente. Este efecto es por supuesto igualmente malo.

Una distorsión se produce cada vez que hay astigmatismo en la superficie de refracción. Esta distorsión, como el astigmatismo, es pues una consecuencia inevitable de las superficies oftálmicas de refracción de potencia progresiva. Se han hecho numerosos ensayos en la técnica conocida para minimizar el efecto del astigmatismo. Generalmente, estas tentativas se han centrado en el sistema por el

cual la superficie de refracción que tiene la curvatura no esférica es engendrada. Las tentativas más afortunadas han tenido por resultado ampliar el astigmatismo a una gran parte de la superficie de refracción. Esto, reducía al mínimo el tamaño de la zona de lectura por debajo de la que permite al utilizador leer un material tipo sin girar la cabeza.

5

Un objeto de la invención es pues suministrar una lente oftálmica progresiva original en la cual el astigmatismo y la distorsión en las zonas periféricas son claramente reducidos. Otro objeto de la invención es suministrar una lente oftálmica progresiva de este tipo con un grado de libertad en los parámetros de concepción, de manera que pueda ser adaptada a una gran variedad de configuraciones oftálmicas específicas distintas.

10

15

Otro objeto de la invención es suministrar una lente oftálmica progresiva de éste tipo que es relativamente simple de construir y puede ser fabricada en serie.

20

25

En resumen, la invención bajo su más amplio aspecto comprende una lente oftálmica progresiva que tiene una superficie de refracción. La superficie de refracción está caracterizada por una curva meridiana principal suave, no quebrada, cuya pendiente varia de forma continua a lo largo de la superficie de refracción en una dirección generalmente vertical. La curva meridiana principal divide a la superficie de refracción en partes laterales semejantes. La curvatura de la curva meridiana principal varia de punto en punto para dar en cada uno de estos puntos una vergencia

predeterminada, según una ley de vergencia predeterminada. La vergencia aumenta generalmente desde la parte superior a la parte inferior de la lente progresiva a lo largo de la curva meridiana principal. La superficie de refracción está además caracterizada por curvas transversales definidas sobre ella por planos perpendiculares a la curva meridiana principal. Las curvaturas de las curvas transversales en sus puntos de intersección con la curva meridiana principal son respectivamente iguales a la de la curva principal en los puntos de intersección. Por lo menos dos zonas de visión yuxtapuestas verticalmente están definidas en la superficie de refracción por la ley de vergencia predeterminada y tienen una frontera entre ellas. La primera de las zonas de visión tiene una vergencia continuamente progresiva, variando en un intervalo desde una primera vergencia en la parte superior de la zona de visión hasta una segunda vergencia en la parte baja de la primera zona de visión. La segunda zona de visión tiene una vergencia constante. Hay una discontinuidad positiva hacia la parte baja en la ley predeterminada en la frontera entre las dos zonas de visión

Otros objetos, características y ventajas de la invención aparecerán en la descripción detallada que sigue, y de los dibujos anexos en los cuales:

La Figura 1 es una vista isométrica de una lente oftálmica de potencia o vergencia progresiva según la invención,

la Figura 2 es una vista en sección vertical de

la lente oftálmica de potencia progresiva de la Figura 1, tomada a lo largo de la curva meridiana principal,

la Figura 3 es una vista frontal de una lente oftálmica de potencia progresiva mostrando las distintas zonas de visión y la ley de vergencia asociada,

la Figura 4 es una ilustración esquemática de la técnica para engendrar la superficie de potencia progresiva de la Figura 3,

la Figura 5 es una vista frontal de una lente oftálmica de potencia progresiva cuyas partes para visión intermedia y visión cercana están divididas lateralmente en varias regiones de las cuales las más exteriores están completamente corregidas para la distorsión oblicua,

las Figuras 6 a 11 son esquemas que ilustran las imágenes de una reja cuadrada vista a través de distintas formas de realización de la lente oftálmica de potencia progresiva de la invención,

la Figura 12 es un esquema de una lente de potencia progresiva simétrica según la invención, que ha sido girada 10° a partir de la vertical para acomodar una reducción de separación entre pupilas cuando se miran objetos más cercanos,

la Figura 13 es un esquema de un grupo apareado de lentes de potencia progresiva que compensa la rotación de 10° requerida,

las Figuras 14A a 14C son diagramas de ejemplo de leyes de vergencia que ilustran la utilización de discon-

tinuidades,

la Figura 15 es un cuadro que ilustra el efecto de las discontinuidades de la ley de vergencia,

5 las Figuras 16 y 17 son esquemas ilustrativos de la imagen de una reja cuadrada vista respectivamente a través de una lente de potencia progresiva que tiene una ley de vergencia progresiva en la zona intermedia y a través de una lente que tiene discontinuidades de vergencia definidas en las fronteras de la zona de visión intermedia,

10 la Figura 18 es una vista frontal de una lente oftálmica de potencia progresiva en la cual unas discontinuidades de vergencia definidas en las fronteras de la zona de visión intermedia son suavizadas para dejarlas invisibles,

15 la Figura 19 es una vista frontal de una lente oftálmica multifocal según la invención, cuyos segmentos para visión intermedia y cercana están divididos lateralmente en una pluralidad de regiones de las cuales las más exteriores no presentan más que una distorsión normal, pudiendo ser fabricada la lente según un procedimiento para suavizar las líneas que dividen los segmentos,

20 la Figura 20 es un diagrama que ilustra la imagen de una reja cuadrada vista a través de una lente multifocal según la invención, y

25 la Figura 21 es una vista frontal de la lente multifocal utilizada para la Figura 20, en la cual las discontinuidades de superficie en las fronteras entre los segmen-

tos han sido suavizadas para dejarlas invisibles.

En las diferentes Figuras, se utilizan referencias numéricas similares para designar partes idénticas.

Refiriéndose inicialmente a la Figura 1, se ve
5 una lente oftálmica 10 de potencia progresiva. La lente está construida con un material óptico que tiene un índice de refracción uniforme tal como cristal de calidad óptica o uno de los materiales plásticos de calidad óptica muy conocidos tales como CR-39 (carbonato de alilo y de diglicol),
10 Lexan (policarbonato) o metil metacrilato. La potencia progresiva está obtenida en la lente 10 dando a una de las dos superficies una forma no esférica apropiada. Generalmente, la superficie utilizada para formar la superficie no esférica es la superficie frontal de la lente, es decir la que es convexa.
15 Sin embargo, la razón principal de esta elección es que las máquinas de rectificado y de pulido dispuestas en las distintas ramas de la distribución han sido estudiadas para aplicar la superficie esférica o toroidal dictada por la prescripción oftálmica particular del futuro utilizador sobre la superficie posterior de la lente. Por
20 ello, en esta introducción al igual que en el resto de la descripción de la invención, la superficie no esférica será representada y descrita como presente en la superficie frontal de la lente oftálmica. Sin embargo la invención no está
25 limitada a ello.

Para esta descripción, la lente oftálmica 10 de potencia progresiva está fijada en el espacio según la

orientación aproximada a la cual ha sido llevada por el paciente. Más particularmente, como se ve en la Figura 1, la lente 10 está orientada de una forma tal que la superficie no esférica sea tangente a un primer plano 12, orientado verticalmente, por el centro geométrico 14 de la lente bruta 10. Un segundo plano 16 orientado verticalmente, perpendicular al primer plano 12, corta igualmente a la lente óptica 10 en 14, y divide a la lente en dos mitades simétricas. El plano 16 está generalmente dibujado como plano meridiano vertical principal. El plano meridiano vertical principal 16 corta la superficie no esférica de la lente 10 según una curva plana 18 llamada curva o línea meridiana principal.

Si la lente oftálmica de potencia progresiva 10 debe trabajar convenientemente, la línea meridiana principal 18 debe ser continua y debe tener una pendiente continuamente variable. La primera condición asegura que no habrán discontinuidades visibles en la superficie de la lente sobre la línea meridiana principal. La segunda condición asegura que no habrá salto de imagen cuando la línea de visión del utilizador se desplace verticalmente a lo largo de la línea meridiana principal. Para proporcionar una acomodación progresiva en la lente, la curvatura de la línea meridiana principal 18 aumenta positivamente hacia la parte inferior, con un valor para visión alejada cerca de la parte superior de la lente a un valor para visión cercana cerca de la parte inferior. Según las exigencias de la concepción particu-

lar, el valor del incremento de vergencia entre los límites superior e inferior (conocidos generalmente bajo el nombre de "aumento") puede variar de forma apreciable. El valor absoluto del incremento de vergencia es variable y depende de los poderes de acomodación conservados por el utilizador. El índice de incremento a lo largo de la línea meridiana principal 18 es igualmente variable. En otros términos; la vergencia transitoria puede ser introducida en una parte muy corta de la línea meridiana principal, o puede ser introducida esencialmente en toda la longitud de la línea meridiana principal.

En general, se prefiere que el astigmatismo a lo largo de la línea meridiana principal 18 sea esencialmente nulo. El astigmatismo está generalmente definido con relación a un punto en la superficie de refracción y dos planos dispuestos perpendicularmente cortándose en este lugar y pasando por la perpendicular a la superficie de refracción en este punto, siendo establecido el primer plano o plano sagital por el radio de curvatura mínimo de la superficie de refracción y siendo establecido el segundo o plano meridiano por el radio de curvatura máximo de la superficie de refracción en este punto; la magnitud del astigmatismo está entonces tomada como la diferencia entre la vergencia de la superficie de refracción en el primer plano y la vergencia de la lente en el segundo. A la magnitud del astigmatismo en cualquier punto de la superficie de refracción de la lente es medida por la diferencia de vergencia entre el pla-

no sagital y el plano meridiano en este punto. Las curvaturas de la superficie de refracción en un punto cualquiera en los planos meridiano y sagital son generalmente conocidas bajo el nombre de curvaturas principales en este punto. Este astigmatismo podría ser llamado intrínseco para distinguirlo del astigmatismo que se manifiesta cuando la superficie esférica está iluminada por rayos de luz que la alcanzan siguiendo ángulos de incidencias oblicuas.

A lo largo de la curva meridiana vertical principal 18, la superficie de refracción es umbilical, es decir que hay un único radio de curvatura en cualquier punto. Si r es el radio de curvatura de la línea meridiana principal en Q y n es el índice de refracción del material de la lente, además, si las curvaturas principales de la superficie en Q son iguales, la vergencia P_0 en dioptrías en este punto está dada por $P_0 = \frac{n - 1}{r}$.

Refiriéndose a continuación a la Figura 2, se ve una vista en sección de la lente 10 tomada a lo largo del plano meridiano vertical principal 16. El lugar geométrico de los centros de curvatura de la línea meridiana principal 18 comprende una curva plana continua 22 llamada desarrollada de la línea meridiana principal que está igualmente localizada en el plano meridiano principal. A cada punto 9 de la línea meridiana principal 18 corresponde un punto Q de la desarrollada. El vector radio 20 uniendo dos partes cualesquiera de estos puntos es perpendicular a la línea meridiana principal 18 en Q , y tangente a la desarrollada

22 en 9.

Una forma típica y particularmente útil de una lente oftálmica de potencia progresiva que incorpora los principios citados es presentada en la Figura 3. La lente 30 se compone de tres zonas de visión 32, 36 y 34 dispuestas verticalmente. Aquí de nuevo, una línea meridiana principal 18 bisecciona la lente en una dirección generalmente vertical. La zona de visión más exterior 32 de la lente está realizada con vergencia constante que ajusta la visión sobre objetos alejados; es decir que la superficie de la zona de visión 32 es esférica. La zona de visión inferior 34 de la lente es de nuevo de vergencia constante y ajusta la visión sobre objetos cercanos. Entre las zonas de visión 32 y 34 hay una zona de visión intermedia 36 de potencia progresiva que proporciona una transición óptica progresiva entre las zonas 32 y 34. En otros términos, la vergencia varia de forma continua en un intervalo, desde una primera vergencia en la parte superior de la zona intermedia hasta una segunda vergencia superior en la parte inferior de la zona. Esto es de acuerdo con la condición de que la vergencia aumenta generalmente desde arriba hacia abajo de lo largo de la curva meridiana principal de las lentes oftálmicas de potencia progresiva.

La altura de la parte intermedia de la lente está indicada por h. El gráfico de la derecha de la Figura 3 es conocido con el nombre de "ley de vergencia" de la lente 30. La ley de vergencia en este caso se compone de tres par-

tes lineales 38, 40 y 42 que están respectivamente asociadas a las zonas 32, 34 y 36 de la lente a lo largo de la línea meridiana principal B. La parte 38 representa la vergencia constante de la zona de visión 32, y la parte 40 representa la vergencia constante en la zona de visión 34, siendo superior la vergencia constante en la parte 40 a la de la parte 38. La parte inclinada 42 de la ley de vergencia indica que la vergencia en la zona intermedia 36 cambia a un índice constante. Esta es una ley de vergencia típica que se utiliza a menudo en las lentes oftálmicas de potencia progresiva. Por supuesto, la altura h es variable y puede ser aumentada hasta cualquier altura de la lente.

La ley de vergencia representada en la Figura 3 es lineal en la zona de visión de potencia progresiva. No debe ser lineal y puede tener cualquier carácter arbitrario según lo que es requerido para una aplicación particular. Debería sin embargo ser una curva continua en la zona de visión de potencia progresiva, aunque pequeñas discontinuidades no deben ser excluidas del marco de la invención.

La construcción de base de la superficie de potencia progresiva de la Figura 3 está representada en la Figura 4. Esta construcción no comprende sin embargo por ella misma las nuevas características de la invención que serán descritas más adelante. La superficie de refracción de potencia progresiva está engendrada por un arco circular c de radio variable y de inclinación constante, que pasa sucesivamente por todos los puntos Q de la línea meridiana prin-

5 cipal. El eje aa' del círculo generador se sitúa en el plano meridiano principal y forma un ángulo constante con la vertical. El radio del círculo generador que pasa por un punto Q dado está determinado por la condición de que su eje pase por el punto 9 correspondiente de la desarrollada 22. El radio del círculo generador es igual a la longitud del segmento de la recta QR en la Figura 4.

10 Se puede ver que, como consecuencia de esta construcción, las curvaturas principales en cada punto de la línea meridiana principal son iguales. En otros términos, la superficie es umbilical (exenta de astigmatismo en la línea meridiana principal).

15 Es fácil describir las propiedades de distorsión de una superficie de refracción tal como las asociadas a la invención en términos de imagen de una reja cuadrada vista a través de esta lente. Aunque esta prueba no sea completamente exacta, constituye una aproximación razonable del efecto visual para el utilizador de la lente oftálmica resultante.

20 Se pueden distinguir dos tipos generales de distorsión, las distorsiones normal y oblicua. La distorsión normal concierne a un aumento no uniforme de la imagen en las dos direcciones ortogonales paralelas a las líneas de la reja. La distorsión oblicua concierne a un defecto de perpendicularidad de las líneas de la reja. Supongamos que un
25 único cuadrado de esta reja es visto por una pequeña zona de una determinada lente oftálmica. Si los ejes principales de astigmatismo en esta zona de la lente son paralelos a

las líneas de la rejilla que se mira, la imagen percibida muestra una distorsión normal pura, es decir que la imagen del cuadrado de la rejilla es un rectángulo cuyos lados son paralelos a los del cuadrado. Si los ejes principales de astigmatismo en esta región de la lente bisecan el ángulo recto entre las líneas ortogonales de la rejilla, la imagen muestra una distorsión oblicua pura, es decir que la imagen del cuadrado es un paralelogramo equilátero. En el caso general en el que los ejes principales de astigmatismo tienen una orientación arbitraria con relación a las líneas de la rejilla objeto, la imagen del cuadrado percibida presentará una combinación de distorsiones normal y oblicua, es decir que la imagen será un paralelogramo no equilátero.

De los dos tipos de distorsión específicos que preceden, la distorsión oblicua es de lejos la más molesta en las aplicaciones oftálmicas. En una lente oftálmica, la distorsión oblicua produce una sensación de desequilibrio con relación al medio. En la mayor parte de los casos, este efecto de desequilibrio lleva consigo una desorientación y náuseas al utilizador. Las lentes oftálmicas de potencia progresiva y variable de la técnica conocida eran o completamente no corregidas para la distorsión oblicua, o únicamente parcialmente corregidas para la distorsión oblicua, o bien daban una zona de lectura demasiado pequeña para un uso general.

El astigmatismo presente en una superficie de refracción, por una ley de vergencia lineal, varía lateralmen-

te en dos veces el índice de aumento de la vergencia a lo largo de la curva meridiana principal. Por ello, si una corrección o una compensación de la distorsión no está realizada en las zonas periféricas de la lente oftálmica de potencia progresiva, existe necesariamente una distorsión considerable en la superficie. Por ejemplo, en la forma de lente progresiva representada en la Figura 3, los ejes principales de astigmatismo tienen un ángulo de 45° con relación a las líneas horizontales y verticales del entorno visual en la región intermedia 36. Estas lentes producen pues distorsiones oblicuas y normales sustanciales en las zonas periféricas de la región intermedia 36.

Como se ha dicho anteriormente, como es el caso del astigmatismo en estas superficies de refracción de potencia progresiva, no es posible eliminar la distorsión en la superficie. Se ha descubierto sin embargo que es completamente posible construir una superficie oftálmica que esté completamente corregida en las zonas periféricas para la distorsión oblicua. Es decir que se puede hacer que los ejes principales de astigmatismo en las regiones periféricas se situen en planos horizontales y verticales con relación al entorno visual, de manera tal que no se produzca más que una distorsión normal en estas zonas periféricas. Esta distorsión normal es mucho menos molesta que la distorsión oblicua, y la incorporación de este aspecto en una lente de potencia progresiva constituye la característica principal de la invención.

Esta corrección de la superficie de refracción en las regiones periféricas para la distorsión oblicua puede muy fácilmente ser expresada matemáticamente suponiendo que la superficie está representada por la expresión siguiente:

5

$$Z = f(x,y) \dots\dots$$

en la que x e y son las direcciones horizontal y vertical, respectivamente, y Z en la altura de la superficie por encima del plano xy. Si la superficie es según las direcciones de las curvaturas principales, los ejes principales de astigmatismo, en cualquier punto se sitúan en planos que son paralelos a x e y, entonces,

10

$$\frac{C^2_f}{M_x N_f} = 0$$

cuando esta expresión está satisfecha por todos los puntos en una zona dada solamente una distorsión normal puede ser percibida a través de la lente.

15

Refiriéndose a continuación a la Figura 5, se ve una lente oftálmica de potencia progresiva 50 según la invención. Una línea meridiana principal 52 bisecciona la lente en una dirección generalmente vertical. Una vez más, la lente 50 está dividida en tres zonas de visión yuxtapuestas 54, 58 y 56, respectivamente una encima de la otra. La zona de visión superior 54 está formada por una superficie de refracción que tiene una vergencia constante para permitir una visión a distancia. La zona de visión inferior 56, en su región central, está formada por una superficie de vergencia constante, superior, adaptada a la visión de cer-

20

25

ca. La zona intermedia 58 que está dispuesta entre las zonas para visiones alejada y cercana 54 y 56 proporciona entre ellas una vergencia progresiva de transición. Según se ha descrito hasta aquí, la lente de la invención no es apreciablemente distinta de las de la técnica conocida. La técnica para engendrar la lente en las partes adyacentes a la curva meridiana principal es la descrita con relación a la Figura 3. La ley de vergencia meridiana es de cualquier forma generalmente aceptable, tal como la representada en la Figura 3.

En las zonas para visiones intermedia y cercana, 58 y 56, la superficie de refracción de la lente de potencia progresiva 50 está aun subdividida lateralmente en cinco zonas. Las líneas de división entre estas zonas, AB, CD, AB' y CD' son elegidas arbitrariamente en forma y en posición. Aunque estén dibujadas como simétricas con relación a la curva meridiana principal 52, esto no es una condición de la invención. En la presente forma de realización, las líneas de división A'F'B' y C'D' pueden ser imágenes en un espejo de AFB y CD con relación a la línea meridiana principal 52. La zona central A'AFF' está formada según cualquier concepción elegida de lente oftálmica de potencia progresiva.

Las zonas periféricas de la superficie de refracción CDE y C'D'E' son construidas para empalmar progresivamente con la zona 54 a la visión de lejos a lo largo de las líneas CE y C'E'. La unión óptica progresiva es obtenida

teniendo una superficie unida no quebrada en toda la lente. En cada punto de las zonas CDE y C'D'E', los ejes principales de astigmatismo se sitúan en planos horizontales y verticales según la expresión precedente. Se desprende que, cuando son vistas a través de estas zonas periféricas de la lente oftálmica de potencia progresiva, las líneas horizontales y verticales del entorno visual no sufren distorsión oblicua. Además, cuando es vista a través de la periférica de la lente, una línea vertical permanecerá vertical y no quebrada en toda la altura de la periferia de la lente. En otros términos, una línea que es vista como vertical en las partes periféricas de la zona 54 para visión de lejos se prolonga verticalmente y sin quebrarse en la zona de visión intermedia 54 y en la zona de visión de cerca 56.

Las regiones intermedias ABDC y A'B'D'C' son zonas de conexión óptica entre la parte central y las partes periféricas, corregidas para la distorsión oblicua, de la lente oftálmica 50. El objeto de estas regiones es suministrar una unión óptica progresiva entre estas regiones con funciones ópticas distintas. De nuevo, estas regiones se conectan igualmente de forma progresiva a la región 54 para visión de lejos. La elección precisa de la configuración de la superficie de refracción en estas zonas de conexión depende de un gran número de factores. Estos comprenden el valor del "aumento" de la lente, de la anchura total de la lente y de la altura de la zona intermedia 58 de potencia progresiva.

Como se ha observado anteriormente, los ejes principales de astigmatismo se sitúan en planos a 45° de la vertical en la zona central de potencia progresiva cuando la ley de vergancia es lineal. Los ejes principales de astigmatismo en las regiones periféricas CDE y C'D'E' están igualmente en planos horizontales y verticales. En otros términos, la distorsión en el centro es una distorsión oblicua pura y en la periferia una distorsión normal pura. Las zonas de conexión ABDC y A'B'D'C' tienen superficies no esféricas que sirven para transformar progresivamente la orientación de los ejes principales de astigmatismo entre las otras zonas, de manera para no introducir discontinuidades en la superficie o en la imagen. La anchura de las zonas de conexión es sin embargo variable y puede en un caso límite reducirse a cero. En otros términos, el alcance de la invención se extiende a los casos en los que no hay más que zonas central y periférica en la superficie de refracción.

En lo que concierne a los ejemplos que siguen, las diferencias de base entre las superficies son ilustradas en los dibujos por las diferencias en las distorsiones presentes en la imagen de una reja cuadrada. En cada uno de los casos siguientes, no se presenta más que una mitad de la imagen, siendo la otra mitad esencialmente idéntica.

Refiriéndose en primer lugar a la Figura 6, las regiones periféricas de las zonas para visiones intermedia y cercana tienen una curvatura no esférica de los mismos radio y centro que la zona para visión de lejos de vergen-

cia constante. Esto es un caso límite en el cual la condición dada anteriormente para las regiones periféricas es satisfecha por una prolongación de la superficie superior esférica en las extensiones inferiores de la lente oftálmica de potencia progresiva. No hay pues ni distorsión ni astigmatismo atribuible a una vergencia progresiva en estas regiones periféricas de la lente. Por otra parte, las zonas de conexión entre la zona central de potencia progresiva y las regiones periféricas aportan una distorsión importante cuando la rejilla es vista a través de ellas.

La superficie de refracción representada por la imagen de la Figura 7 está formada de manera para que la variación del aumento vertical en las regiones periféricas sea idéntico a la variación del aumento vertical a lo largo de la línea meridiana principal. Por ello, la distorsión de una línea horizontal vista a través de la lente es tal que la altura de la línea en la periferia es idéntica a su altura en la línea meridiana principal. El astigmatismo presente en cualquier nivel de la periferia es igual al índice de aumento de la línea meridiana principal en el mismo nivel. La distorsión producida por la conexión entre la región central de la lente y las zonas periféricas es considerablemente menor que la producida en el caso límite de la Figura 6.

La Figura 8 muestra la imagen de un caso límite según la invención. Aquí, la anchura de las zonas de conexión está reducida esencialmente a cero. Así pues, las lí-

neas curvandose hacia la parte inferior de la región inter-
media de potencia progresiva pasan bruscamente a la horizon-
tal en la periferia de la región central. Esta concepción
minimiza la región de la lente en la cual se produce la dis-
torsi3n oblicua nefasta. Esta concepci3n puede tener otra
5 ventaja en que la anchura de la regi3n esférica para visi3n
de cerca, indicada por la parte de la reja con grandes cua-
drados, es mayor que en los ejemplos precedentes.

Refiriéndose a continuaci3n a la imagen de la re-
10 ja representada en la Figura 9, la superficie de refracci3n
de la lente es en este caso concebida para que las líneas
horizontales de la reja sean en forma de campana cuando se
las ve a trav3s de la zona intermedia de potencia progresi-
va. Las zonas de conexi3n laterales tienen necesariamente
15 una anchura substancial, y la superficie de estas zonas es-
tá concebida de manera específica para dar el efecto óptico
más regular cuando la línea de visi3n pasa del centro de
la lente a la periferia.

La lente que da la imagen representada en la Figu-
20 ra 10 es muy parecida a la utilizada para la Figura 9, sal-
vo que la periferia de la zona para visi3n de cerca ha sido
ligeramente alterada para reducir el estrechamiento de las
líneas horizontales que aparece cerca de la frontera infe-
rior de la regi3n intermedia de la lente de la Figura 9.
25 Evidentemente, en la lente utilizada para la Figura 10, una
distorsi3n oblicua controlada es introducida deliberadamen-
te en las zonas periféricas inferiores de la zona para vi-

sión cercana con miras a reducir el efecto de estrechamiento. Aunque esto aparece inicialmente como un poco nefasto, como muestra la imagen de la reja de la Figura 10, hay que recordar que una lente oftálmica típica está cortada en las esquinas para ajustarse en las monturas de las gafas standard, y que la mayor parte de las esquinas de la reja de la Figura 10 no se encontrarán en la lente acabada. Por ello, esta distorsión oblicua controlada no es considerada como nefasta.

En cada uno de los ejemplos de las Figuras 6.a. 10, se ha supuesto que las zonas de conexión ABCD y A'B'C'D' tengan fronteras verticales. Hay que subrayar que, según se ha indicado en la Figura 5, las fronteras en cuestión no deben ser verticales y que, de hecho, ventajas específicas pueden ser atribuidas a una orientación no vertical de las fronteras en las zonas de conexión. Un ejemplo de una imagen de una lente que tiene una configuración de este tipo es representado en la Figura 12. Aquí, las fronteras, indicadas por líneas de puntos superpuestas, divergen cerca de la parte inferior de la lente. Esto da un diseño que tiene la ventaja de que la distorsión es mantenida al mínimo en la mitad superior de la zona de visión intermedia, y proporciona al mismo tiempo una zona para visión de cerca muy amplia, de vergencia constante.

Por ello, se puede ver que, en los ejemplos que preceden, la agudeza de visión en las regiones periféricas de la zona para visión de cerca de la lente oftálmica de

potencia progresiva es sacrificada con relación a las concepciones de la técnica conocida, para corregir la distorsión oblicua en las regiones periféricas de la zona para visión intermedia. Esto es realizado consiguiendo mantener en proporciones aceptables la región para visión cercana de potencia constante.

Hasta aquí, no se ha considerado en la discusión que las lentes que son simétricas con relación a una línea meridiana vertical principal; es decir que la línea meridiana vertical principal es de hecho vertical en la superficie de la lente oftálmica y divide de forma precisa a la lente en partes laterales simétricas. Desde el punto de vista del inventario, estas lentes perfectamente simétricas son extremadamente ventajosas. Con una marca conveniente, una lente simétrica bruta puede entonces ser utilizada por el ojo izquierdo o derecho. Desde el punto de vista funcional, es sin embargo preferible diseñar separadamente las lentes oftálmicas de potencia progresiva para los ojos derecho e izquierdo. Las lentes resultantes son asimétricas ya que la separación entre las pupilas del hombre se reduce cuando cambia su enfoque pasando de una visión de lejos a una visión de cerca. Por ello, cuando se ajusta la lente simétrica al paciente, la línea meridiana principal de simetría debería estar inclinada a aproximadamente 10° sobre la vertical para dar la desviación efectiva de la zona para visión de cerca. Este giro de 10° de la lente alrededor de su punto central asegura que la línea de visión puede pasar a

lo largo de la línea meridiana vertical para una visión clara a todas las distancias.

Sin embargo, una vez que la lente ha girado de este modo, los ejes principales de astigmatismo en la periferia de la lente simétrica, corregida para la distorsión oblicua, descrita anteriormente, no están ya alineados con los elementos horizontales y verticales del entorno visual. Por ello, particularmente en el caso de lentes de aumento superiores, este defecto de alineación puede llevar consigo una distorsión oblicua notable en las zonas periféricas de la lente oftálmica. Esto sería por supuesto nefasto por razones idénticas a aquellas para las cuales las lentes de la técnica conocidas no eran convenientes para muchos utilizadores. Una lente de este tipo es representada en la Figura 12; la orientación de un eje principal de astigmatismo es representada en puntos de diferentes regiones cuando la lente ha girado 10° .

Entra pues en el marco de la invención corregir esta situación modificando la construcción simétrica precedente. En las versiones modificadas, la zona para visión de lejos y las partes centrales de las zonas para visión de cerca e intermedia permanecen sin cambiar con relación a la construcción simétrica. Sin embargo, las zonas periféricas de las zonas para visión intermedia y de cerca con modificadas para que, cuando la línea meridiana principal está inclinada aproximadamente 10° sobre la vertical, los ejes principales de astigmatismo en estas regiones periféri-

cas estén de nuevo alineados con los elementos horizontales y verticales del entorno visual. Las regiones de conexión están convenientemente modificadas igualmente para proporcionar una corrección óptica progresiva entre las partes centrales y las regiones periféricas. La Figura 13 ilustra la orientación de los ejes principales de astigmatismo en diferentes puntos para una lente izquierda y una lente derecha modificadas para compensar la disminución de la separación entre pupilas para la visión de cerca.

Como se ha explicado anteriormente, la técnica conocida se acomoda muy generalmente a la condición que existe a lo largo de la línea meridiana vertical principal. La técnica conocida consiste ampliamente en una serie de ensayos para adquirir un medio para engendrar la superficie no esférica no resultante. Este problema de generación ha llevado consigo algunas limitaciones en la concepción de la lente. La presente lente ha evitado esta situación apartando la exigencia de asegurar un medio preciso para engendrar directamente una lente oftálmica terminada. Las lentes según la invención pueden ser formadas directamente como lentes fundidas. Las lentes son formadas programando inicialmente una máquina tal como una máquina de rectificar de control numérico para producir esencialmente el complemento de la superficie de refracción en un bloque cerámico poroso. Después de la formación de la superficie complementaria, se aplica un vacío al dorso del bloque cerámico y una hoja de cristal muy pulido es calentada y hundida en la calidad for-

mada en el bloque cerámico. Esta hoja de cristal puede a continuación ser pulida para formar directamente la superficie de refracción sobre una superficie bruta. Alternativamente, el lado de la placa de cristal opuesto al que va al contacto con el bloque de cerámica puede ser utilizado para formar una superficie de moldeado para fundir lentes en plástico según la invención.

Esta técnica de fundido tiene numerosas ventajas de las cuales la menor no es que se pueda producir una lente a un precio comparable a las lentes oftálmicas de cristal actuales. Sin embargo, ventajas suplementarias se derivan del procedimiento por el hecho de que la hoja de cristal hundida en el bloque de cerámica tiene un espesor determinado. El espesor determinado tiende a suavizar cualquier discontinuidad local que pueda existir en la superficie, tales como las producidas entre dos capas adyacentes del útil de pulir en la máquina de producción. La lente resultante tiene una superficie de refracción de calidad óptica igual.

Se puede ver que, cuando la ley de vergencia en la zona para visión intermedia de potencia progresiva es lineal, es decir con un índice de variación constante, como es el caso para la ley de vergencia de la lente de potencia progresiva representada en la Figura 3, el astigmatismo aumenta con la distancia, en una perpendicular a la línea meridiana principal, con dos veces el índice de variación de la vergencia sobre la curva meridiana principal. Así pues,

si el aumento es B y h la altura de la región intermedia, el astigmatismo A a la distancia y de la línea meridiana está dado por

$$A = 2 \frac{B}{h} !Y!$$

El "pasillo de visión clara" está definido como la región de la zona para visión intermedia limitada a derecha y a izquierda por líneas que tienen una dioptría de astigmatismo. (Es conocido que 1,0 dioptrías de astigmatismo reduce la agudeza visual aproximadamente a la mitad). Por ejemplo, si B vale 2,0 D y h 10 mm, la anchura w del pasillo de visión clara extraída de la ecuación precedente es de 5,0 mm. Para este ejemplo típico, es claro que se paga un precio considerable para la característica de vergencia progresiva de la zona para visión intermedia. Es decir que la agudeza visual en esta zona es muy pequeña en cualquier punto, salvo en un estrecho pasillo central cuya anchura está determinada en gran parte por la altura de la zona para visión intermedia y el índice de variación de la vergencia.

Se puede por lo menos en parte reducir el problema de un estrecho pasillo central de visión clara combinando la variación progresiva de la potencia con discontinuidades de potencia determinadas en una o en la otra o en las dos fronteras que separan la zona para visión intermedia de las zonas para visión de lejos y de cerca. Las curvas a trazos continuos de las Figuras 14A, 14B y 14C representan leyes de vergencia progresivas que incorporan disconti-

nuidades de este tipo. La Figura 14A muestra la ley de vergencia meridiana de una lente oftálmica de potencia progresiva según la invención, que tiene una discontinuidad de vergencia, es decir un salto, en el límite superior de la zona para visión intermedia, pero no discontinuidad en el límite inferior. En la Figura 14B, la situación es inversa, no produciéndose la discontinuidad de vergencia más que en el límite inferior de la zona para visión intermedia. La Figura 14C muestra la progresión meridiana de la vergencia en una lente que tiene discontinuidades determinadas en los límites superior e inferior de la zona para visión intermedia. En cada uno de estos ejemplos, la línea a trazos discontinuos superpuesta al diagrama de vergencia corresponde a la ley de vergencia de una lente de potencia progresiva sin discontinuidad de vergencia en los límites de la zona para visión intermedia.

Una simple inspección de las Figuras 14A-14C indica claramente que las discontinuidades de la ley de vergencia tienen el efecto preciso de reducir el índice de variación de la vergencia en la zona para visión intermedia. De esta forma, para la realización que precede, el pasillo de visión clara está apreciablemente ensanchado. Si las discontinuidades de vergencia tienen amplitudes b_1 y b_2 , el astigmatismo en la zona intermedia vendrá dado por

$$A = 2 \frac{(B-b_1-b_2)}{h} \text{ !Y!}$$

Supongamos que B sea de nuevo igual a 2,0 D, h

a 10 mm y b_1 y b_2 cada una a 0,5 D. La anchura w del pasillo de visión clara pasa a ser igual a 10 mm. Esto constituye una mejora del 100% en anchura con relación al caso de la ley de vergencia continua precedentemente descrito, en la que $b_1=b_2=0$. El cuadro de la Figura 15 da una anchura del pasillo de visión clara para diferentes aumentos B y diferentes sumas de variación de vergencia por discontinuidades (b_1+b_2), como número superior de cada bloque. El número inferior es el porcentaje de aumento de w con relación a la anchura asociada a una ley de vergencia continua.

La amplitud de una discontinuidad de potencia no debería ser suficientemente importante para destruir la sensación de continuidad visual del utilizador que está destinada a aportar la concepción de potencia progresiva. Esta condición limitará probablemente estas discontinuidades a aproximadamente 0,5 dioptrías. Sin embargo, las discontinuidades superiores a 0,5 dioptrías están comprendidas en el marco de la invención.

La utilización de discontinuidades de potencia ayuda igualmente a reducir la distorsión en la zona para visión intermedia. La Figura 16 muestra la distorsión de una reja cuadrada vista a través de una lente oftálmica de potencia progresiva que tiene una ley de vergencia continua. Esta imagen es semejante a la reja que se observaría a través de una lente de potencia progresiva tal como la de la Figura 3. Por otra parte, la Figura 17 muestra la distorsión de la misma reja vista a través de una lente de po-

tencia progresiva que tiene discontinuidades de potencia definidas en los límites superior e inferior de la zona intermedia de potencia progresiva. En los dos casos la ley de vergencia en la zona para visión intermedia es lineal y el aumento total es el mismo. Evidentemente, la distorsión de la rejilla en la zona intermedia de la lente representada en la Figura 17 es claramente menor que la de la lente representada en la Figura 16.

Si una lente de potencia progresiva tal como la definida en la técnica conocida hubiese incorporado discontinuidades de potencia determinadas, el precio pagado para estas discontinuidades habría sido un resalte, es decir, una clara rotura de la continuidad de la superficie a lo largo de la superficie de la lente a nivel de la discontinuidad. Si por ejemplo el eje del círculo generador tal como el definido en la Figura 4 fuese vertical, el reborde asociado a la discontinuidad de potencia produciría una línea horizontal en la lente. La altura L de este reborde crece aproximadamente con el cuadrado de la distancia !Y! a partir de la línea meridiana, según la relación:

$$L = \frac{1}{2} \frac{b}{n - 1} Y^2$$

Por ejemplo, si b vale 0,5 D y n vale 1,5, L vale 0,62 mm para un valor de !Y! igual a 35 mm. Si la ventaja estética de las lentes de potencia progresiva debe ser conservada, este borde debería ser suavizado en las zonas de visión que separe. Esto sería extremadamente difícil en las lentes de potencia progresiva de la técnica conocida. Sin embargo,

con el procedimiento de curvatura de superficies de moldeado utilizado en la invención, la fusión o la conexión se produce automáticamente por el hecho del espesor determinado de la hoja de cristal utilizada para formar la superficie de moldeado. La lente resultante contiene entonces regiones de conexión de vergencia rápidamente variable, según se indica en la Figura 18. Estas regiones no serán probablemente visualmente molestas ya que son adyacentes a las partes de la zona para la visión intermedia en las cuales la agudeza visual ya está severamente reducida por el astigmatismo de la superficie.

Como se ha dicho precedentemente, dos tipos de ventajas se derivan de las lentes de la clase general que comprende la invención. Están constituidas con la acomodación continua en toda la altura de la lente, lo que es una ventaja óptica, y por líneas de división invisibles entre las diferentes zonas de visión de la lente, lo que es una ventaja estética. Se ha mostrado que el precio a pagar para la ventaja de una acomodación progresiva a lo largo de la curva meridiana principal, es decir en la zona para visión intermedia, es una agudeza visual muy reducida en la zona intermedia, o sino a lo largo de un pasillo relativamente estrecho de visión clara centrado en la línea meridiana principal. Si sin embargo el utilizador quiere sacrificar la ventaja de una acomodación progresiva, es posible utilizar discontinuidades de vergencia para ensanchar sustancialmente el pasillo de visión clara conservando la ventaja es-

tética propia de las lentes oftálmicas de potencia progresiva.

Por ejemplo, en una lente trifocal ordinaria del tipo sólido que generalmente se encuentran actualmente en el comercio, las líneas de división entre los segmentos para visión de lejos, intermedia y de cerca son muy visibles. Esto es debido a la presencia de rebordes en las líneas de división, cuya altura aumenta con el cuadrado de la distancia a la línea meridiana vertical principal. La altura de los rebordes se reduce a cero en la línea meridiana principal pero, a 35 mm de la línea meridiana principal, allí donde el cambio de vergencia entre segmentos adyacentes es de 1,0 D, es de 1,24 mm. Un reborde de esta altura es muy visible y ningún método de fabricación, incluido el método del bloque de curvatura descrito anteriormente, puede eficazmente ocultar un reborde de este tipo.

Entra sin embargo en el marco de la invención formar una lente multifocal en la cual la altura teórica del reborde está limitada a un valor mínimo que puede ser eficazmente hecho invisible por el procedimiento de fabricación de curvatura.

Una lente multifocal de este tipo se ha representado en la Figura 19. La ley de vergencia meridiana en la forma de escalones de la lente trifocal ordinaria está representada a la derecha de la Figura 19. Si b_1 y b_2 son los valores de los escalones de las discontinuidades de vergencia y B el aumento total, se tiene

$$B = b_1 + b_2$$

En el caso en que b_1 o b_2 valgan una u otra cero, la lente pasa a ser simplemente una lente oftálmica bifocal. La lente multifocal 100 representada en la Figura 19 está formada por una zona 104 para visión de lejos, de vergencia constante, por una segunda zona 106 de visión dispuesta directamente por debajo de la zona 104, y por una tercera zona de visión 108 en la parte inferior para mirar objetos cercanos. De nuevo, las partes para visión intermedia y de cerca están divididas lateralmente en por lo menos 3, y preferentemente 5 regiones. La región central $ABB'A'$ está centrada en la línea meridiana vertical principal y comprende dos regiones de vergencia constante que obedecen a la ley de vergencia representada a la derecha en la Figura 19. Unas zonas de conexión $ACDB$ y $A'C'D'B'$ son adyacentes a la zona central. Estas zonas de conexión cumplen la misma función que las de la Figura 5 para la lente de potencia progresiva. De forma similar, las zonas periféricas CDE y $C'D'E'$ están de nuevo corregidas para la distorsión oblicua de la forma descrita anteriormente. En estas regiones periféricas de las zonas para visión intermedia y de cerca, una línea vertical del entorno es vista a través de una lente como una línea vertical no quebrada de la parte superior a la parte inferior de la lente. En otros términos, a lo largo de cualquier línea vertical trazada en la periferia de la lente, el efecto de prisma horizontal es constante.

La condición de verticalidad de las líneas utilizada para la periferia de la lente es equivalente a la corrección de la distorsión oblicua que, en el caso de lentes trifocales ordinarias del tipo sólido está concentrada en los rebordes horizontales que están asociados a los distintos saltos de vergencia.

La ventaja principal resultante de la corrección de la distorsión oblicua es la reducción de la altura de los rebordes horizontales. Los rebordes no son suprimidos completamente pero, la altura que queda puede ser dejada estéticamente invisible utilizando el método de fabricación por curvatura. Por ejemplo, consideremos el tipo de corrección de la distorsión en el cual la anchura de las zonas de conexión ABDC y A'B'D'C' es reducida a cero, es decir que la unión se hace de forma abrupta. La distorsión de una reja cuadrada vista a través de una lente multifocal de este tipo está ilustrada en la Figura 20. Supongamos que la anchura de la región central A'ABB' sea de 24 mm. Si el cambio de vergencia en los límites de la zona intermedia es de 1,00 D la altura L del reborde es de 0,14 mm para $|Y| = 12$ mm. Para $|Y|$ superior a 12 mm, la altura L permanece constante e igual a 0,14 mm. Aunque en una lente un reborde de esta altura sea aun fácilmente visible, la altura L no es tan grande que no puede ser allanada y dejada estéticamente invisible por el método de fabricación por curvatura precedente. La región de conexión producida por este procedimiento está indicada en 110 en la Figura 21.

El tipo de lente multifocal producido de este modo se compara favorablemente al tipo multifocal de segmento que se encuentra corrientemente. Sin embargo, las líneas de división entre las distintas partes de la lente no son
5 visibles en la lente de la invención como lo son en la lente multifocal de segmento.

En la discusión que precede de las distintas características de la invención, se han discutido independientemente diferentes características de las lentes de la invención, es decir que se han discutido discontinuidades
10 verticales separadamente de la división de la lente horizontalmente en regiones que son tratadas separadamente para corregir la distorsión oblicua. Entra sin embargo en el marco de la invención combinar estas diferentes características
15 según distintas combinaciones para dar un resultado óptimo de una lente oftálmica de potencia progresiva para exigencias oftálmicas particulares.

Por supuesto, la invención no está limitada a las formas de realización representadas y descritas, que han
20 sido elegidas tan solo a título de ejemplo.

A los efectos consiguientes se declaran de novedad y propiedad para España, sus territorios y plazas de soberanía, las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

1.- Lente oftálmica de potencia progresiva, que comprende una superficie de refracción, caracterizada por:

5 - una curva meridiana principal suave, no quebrada, de pendiente continuamente variable, situada a lo largo de la superficie de refracción en una dirección generalmen-
te vertical y dividiendo esta superficie en dos partes laterales semejantes, variando progresivamente la curvatura de la curva meridiana principal de punto en punto para propor-
10 cionar en cada uno de estos puntos una vergencia predetermi-
nada según una ley determinada, aumentando generalmente la vergencia de la parte superior a la parte inferior de la lente de potencia progresiva a lo largo de la curva meri-
15 diana principal, y caracterizados además por curvas trans-
versales definidas en la superficie de refracción por planos perpendiculares a la curva meridiana principal, siendo respectivamente iguales las curvaturas de las curvas trans-
versales en sus puntos de intersección con la curva meridia-
na principal a la curvatura de la curva meridiana princi-
20 pal en estos puntos,

 - una zona de visión definida en la superficie de refracción por la ley determinada y que tiene una vergencia continuamente progresiva variando en un intervalo, desde una primera vergencia en la parte superior de la zona
25 hasta una segunda, más elevada, en la parte inferior de la zona,

 - estar dividida la superficie de refracción en

la zona de visión de vergencia continuamente progresiva en por lo menos tres regiones laterales,

5 - estar dispuesta una primera de las tres regiones de forma central en la zona de visión, extendiéndose verticalmente y siendo atravesada en su centro por la curva meridiana principal, y

10 - estar dispuestas las dos regiones más exteriores de estas tres en las periféreas laterales de la zona de visión y estando corregidas ópticamente para la distorsión oblicua de manera que en cada uno de sus puntos los ejes principales de astigmatismo se sitúan en planos vertical y horizontal para que el utilizador de la lente perciba líneas horizontales y verticales del entorno visual como horizontales y verticales.

15 2.- Lente oftálmica, según la reivindicación 1, caracterizada porque una región suplementaria está interpuesta en la zona de visión entre la región central y cada una de las dos regiones exteriores, siendo no esférica la superficie de refracción en las regiones suplementarias y proporcionando una transición óptica entre la región central y cada una de las dos regiones exteriores, lo que hace que el utilizador de la lente perciba una transición progresiva cuando su línea de visión se desplaza lateralmente hacia una de las regiones exteriores.

25 3.- Lente oftálmica, según la reivindicación 1, caracterizada porque una segunda zona de visión está definida en la superficie de refracción en yuxtaposición vertical

sobre la parte superior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva, con un primer límite entre ellas, teniendo la segunda zona de visión una segunda vergencia constante cuyo valor máximo es igual a la vergencia en la parte superior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva.

5
4.- Lente oftálmica, según la reivindicación 3, caracterizada porque hay una discontinuidad positiva hacia la parte inferior en la ley predeterminada del primer límite, de forma tal que la vergencia constante en la segunda zona de visión es inferior a la del extremo del intervalo en la parte superior de la zona de visión de la vergencia continuamente progresiva.

10
5.- Lente oftálmica, según la reivindicación 4, caracterizada porque la discontinuidad positiva hacia la parte inferior de la vergencia en el primer límite es inferior a aproximadamente 0,5 dioptrías.

15
6.- Lente oftálmica, según la reivindicación 3, caracterizada porque una tercera zona de visión está definida en la superficie de refracción en yuxtaposición vertical en la parte inferior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva, con un segundo límite entre ellas, estando dividida la tercera zona de visión en por lo menos tres regiones, una región central y dos regiones exteriores que están dispuestas por debajo de las partes correspondientes de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva, teniendo la región central una vergencia constante

20
25

cuyo valor mínimo es igual a la vergencia en la parte inferior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva.

5
7.- Lente oftálmica, según la reivindicación 6, caracterizada porque hay una discontinuidad positiva hacia la parte inferior en la ley determinada de la segunda frontera, de forma tal que la vergencia constante en la región central de la tercera zona de visión es superior a la del final del intervalo en la parte inferior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva.

10
8.- Lente oftálmica, según la reivindicación 7, caracterizada porque la discontinuidad de vergencia positiva hacia la parte inferior del segundo límite es inferior a aproximadamente 0,5 dioptrías.

15
9.- Lente oftálmica, según la reivindicación 6, caracterizada porque existen discontinuidades positivas hacia la parte inferior en la ley predeterminada del primer y del segundo límite, de forma tal que la vergencia constante en la segunda zona de visión es inferior a, y la vergencia constante en la región central de la tercera zona de visión es superior a las vergencias en la parte superior y en la parte inferior, respectivamente, de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva.

20
25
10.- Lente oftálmica, según la reivindicación 9, caracterizada porque las discontinuidades de vergencia positivas hacia la parte inferior del primer y del segundo límites son cada una de ellas inferiores a aproximadamente 0,5

dioptrías.

5 11.- Lente oftálmica, según la reivindicación 3, caracterizada porque la vergencia constante de la segunda zona de visión es igual a la vergencia en la parte superior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva.

10 12.- Lente oftálmica, según la reivindicación 11, caracterizada porque las dos regiones exteriores de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva se conectan ópticamente de forma progresiva a la segunda zona de visión de manera que las líneas verticales del entorno visual aparecen no quebradas para el portador de la lente, en la periferia de ésta.

15 13.- Lente oftálmica, según la reivindicación 12, caracterizada porque una tercera zona de visión está definida en la superficie de refracción, en yuxtaposición vertical con la parte inferior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva, con un segundo límite entre ellas, estando dividida la tercera zona de visión en por lo menos tres regiones, una región central y dos regiones exteriores, que están dispuestas por debajo de las partes correspondiente de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva, teniendo la región central de la tercera zona de visión una vergencia constante igual a la vergencia en la parte inferior de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva.

20

25

14.- Lente oftálmica, según la reivindicación 13, caracterizada porque las dos regiones exteriores de la ter-

cera zona de visión se conectan ópticamente de manera progresiva a las regiones exteriores correspondientes de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva, y están ópticamente corregidas para la distorsión oblicua de manera que en cada uno de sus puntos los ejes principales de astigmatismo se sitúan en planos horizontales y verticales, de forma tal que el utilizador de la lente percibe las líneas verticales del entorno visual, en las periferias de la lente, como verticales y no quebradas, y las líneas horizontales del entorno visual como horizontales.

15.- Lente oftálmica, según la reivindicación 14, caracterizada porque una región suplementaria está interpuesta entre la región central y cada una de las dos zonas exteriores a la vez en la zona de visión de vergencia continuamente progresiva y en la tercera zona de visión, siendo la superficie de refracción en cada una de las regiones suplementarias no esférica y realizando una conexión óptica entre las regiones centrales y las regiones exteriores correspondientes, conectándose ópticamente la superficie de refracción en las regiones suplementarias de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva de forma progresiva a la segunda zona de visión y en la parte superior de las regiones suplementarias de la tercera zona de visión, de forma tal que las líneas verticales en el entorno visual son vistas no quebradas a través de las regiones suplementarias en la altura de la lente.

16.- Lente oftálmica, según la reivindicación 15,

5 caracterizada porque un par de curvas planas se extienden en la zona de visión de vergencia continuamente progresiva y la tercera zona de visión separan las regiones centrales de las regiones suplementarias, extendiéndose un segundo grupo de curvas planas igualmente en la zona de visión de vergencia continuamente progresiva y la tercera zona de visión separa las regiones suplementarias de las regiones exteriores.

10 17.- Lente oftálmica, según la reivindicación 16, caracterizada porque cada una de las curvas planas se sitúa en un plano que es paralelo al plano que contiene la curva meridiana principal.

15 18.- Lente oftálmica, según la reivindicación 16, caracterizada porque el primer grupo de curvas planas se separa hacia la parte inferior, de la curva meridiana principal, a una primera velocidad, y el segundo grupo de curvas planas diverge hacia la parte inferior a una segunda velocidad superior.

20 19.- Lente oftálmica, según la reivindicación 14, caracterizada porque las regiones exteriores de la zona de visión de vergencia progresiva y de la tercera zona de visión tienen una vergencia constante idéntica a la vergencia constante de la segunda zona de visión.

25 20.- Lente oftálmica, según la reivindicación 14, caracterizada porque el aumento vertical en las regiones exteriores de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva y en la tercera zona de visión es idéntico al

aumento vertical sobre la curva meridiana principal.

5 21.- Lente oftálmica, según la reivindicación 14, caracterizada porque el aumento vertical en las regiones exteriores de la zona de visión de vergencia continuamente progresiva es igual al aumento vertical en los extremos externos en la región adyacente, y el aumento vertical en las regiones exteriores en la tercera zona de visión es idéntico al aumento vertical sobre la curva meridiana principal.

10 22.- Lente oftálmica, según la reivindicación 21, caracterizada porque la anchura de las regiones suplementarias en la zona de visión de vergencia continuamente progresiva y en la tercera zona de visión está reducida esencialmente a cero.

15 23.- Lente oftálmica, según la reivindicación 1, caracterizada porque la curva meridiana principal está inclinada aproximadamente 10° sobre la vertical para tener en cuenta la reducción de separación entre pupilas en el momento de la visión de objetos cercanos.

20 24.- Lente oftálmica, según la reivindicación 1, caracterizada porque la vergencia avanza según un índice constante sobre la curva meridiana principal en la zona de visión.

25 25.- Lente oftálmica, que comprende una superficie de refracción, caracterizada por:

- una curva meridiana principal, suave, no quebrada, de pendiente continuamente variable, situada a lo largo de la superficie de refracción en una dirección generalmen-

te vertical y que divide la superficie de refracción en dos partes laterales similares, variando la curvatura de la curva meridiana principal de punto en punto para dar en cada uno de estos puntos una vergencia predeterminada, según una ley predeterminada, aumentando generalmente la vergencia desde la parte superior a la parte inferior de la lente de potencia progresiva a lo largo de la curva meridiana principal, y caracterizados además por curvas transversales definidas sobre la superficie de refracción por planos perpendiculares a la curva meridiana principal, siendo respectivamente iguales las curvaturas de las curvas transversales en sus puntos de intersección con la curva meridiana principal a la curvatura de la curva meridiana principal en los puntos de intersección,

15 - estar definidas por lo menos dos zonas de visión en yuxtaposición vertical sobre la superficie de refracción por la ley predeterminada, con una frontera entre ellas,

20 - tener la primera zona de visión una vergencia variando continuamente de forma progresiva, en un intervalo, desde una vergencia en la parte superior de la primera zona de visión hasta una segunda, superior, en la parte inferior de la primera zona de visión,

25 - tener la segunda zona de visión una vergencia constante, con una discontinuidad positiva hacia la parte inferior en la ley predeterminada en el límite entre las dos zonas de visión.

26.- Lente oftálmica, según la reivindicación 25, caracterizada porque la discontinuidad de vergencia en el límite es inferior a aproximadamente 0,5 dioptrías.

5 27.- Lente oftálmica, según la reivindicación 25, caracterizada porque una tercera zona de visión está definida sobre la superficie de refracción en yuxtaposición vertical con la primera, teniendo la tercera zona de visión una vergencia constante igual a la vergencia en el otro extremo del intervalo de vergencia en la primera zona de visión.

10 28.- Lente oftálmica, según la reivindicación 25, caracterizada porque una tercera zona de visión está definida en la superficie de refracción en yuxtaposición vertical con la primera, teniendo la tercera zona de visión una vergencia constante, con una segunda discontinuidad positiva hacia la parte inferior en la ley predeterminada en el límite entre la primera y la tercera zona de visión.

15 29.- Lente oftálmica, según la reivindicación 28, caracterizada porque cada una de las discontinuidades de vergencia en los límites es inferior a aproximadamente 0,5 dioptrías.

20 30.- Lente oftálmica, según la reivindicación 25, caracterizada porque la ley predeterminada define un índice constante de cambio de vergencia en la primera zona de visión a lo largo de la curva meridiana principal.

25 31.- Lente oftálmica, según la reivindicación 25, caracterizada porque el límite entre las zonas de visión está suavizado para ser invisible.

32.- Lente oftálmica, del tipo multifocal con divisiones invisibles entre las zonas de visión, que comprenden una superficie de refracción, caracterizada por

5 - una curva meridiana principal suave, no quebrada, de pendiente continuamente variable que se extiende a lo largo de la superficie de refracción en una dirección: generalmente vertical y que divide la superficie de refracción en dos partes laterales semejantes, variando la curvatura de la curva meridiana principal de punto en punto para
10 suministrar una pluralidad de vergencias constantes según una ley predeterminada, dividiendo de este modo la superficie de refracción en una pluralidad de zonas de visión yuxtapuestas verticalmente, teniendo cada par de zonas de visión yuxtapuestas un límite entre ellas,

15 - por tener la zona de visión superior una primera vergencia constante y estando prevista para la visión de objetos alejados en toda la anchura de la lente oftálmica multifocal,

20 - por estar las zonas de visión restantes divididas en por lo menos tres regiones distribuidas horizontalmente,

- por tener la región central de cada una de estas zonas restantes una vergencia constante superior a aquella sobre la curva meridiana principal en la zona de visión
25 inmediatamente por encima,

- por tener las dos regiones exteriores de cada una de las zonas restantes una curvatura no esférica tal

que en un límite las alturas relativas de las zonas de visión formando el límite son constantes a lo largo del límite sobre la anchura de cada una de las regiones exteriores y estando corregidas para la distorsión oblicua de manera que en cada uno de sus puntos los ejes principales de astigmatismo se sitúan en planos verticales y horizontales de forma que el utilizador de la lente perciba las líneas horizontales y verticales del entorno visual como horizontales y verticales, y

5
10 - por estar fusionados los límites entre las zonas de visión para ser invisibles.

33.- Lente oftálmica, según la reivindicación 32, caracterizada porque la ley predeterminada define un aumento vertical en cada punto a lo largo de la curva meridiana principal, siendo constante el aumento vertical en toda la anchura de la lente.

15
34.- Lente oftálmica, según la reivindicación 32, caracterizada porque el aumento horizontal en la región exterior es igual al aumento de la zona de visión superior.

20 35.- Lente oftálmica, según la reivindicación 32, caracterizada porque existen tres zonas de visión.

36.- Lente oftálmica, según la reivindicación 32, caracterizada porque una región suplementaria está interpuesta entre la región central y cada una de las regiones exteriores, siendo no esférica la superficie de refracción en las regiones suplementarias y proporcionando una transición óptica entre la región central y las dos regiones exte.

riores, lo que hace que el utilizador de la lente perciba una transición progresiva cuando su mirada se desplaza lateralmente hacia una de las regiones exteriores.

37.- "LENTE OFTALMICA DE POTENCIA PROGRESIVA".

5 Todo ello conforme se describe y reivindica en la presente memoria que consta de cincuenta y una hojas foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras y de dos láminas de dibujos que la ilustran.

MADRID, 27 DICIEMBRE 1985

P.A. M. CURELL SUÑOL



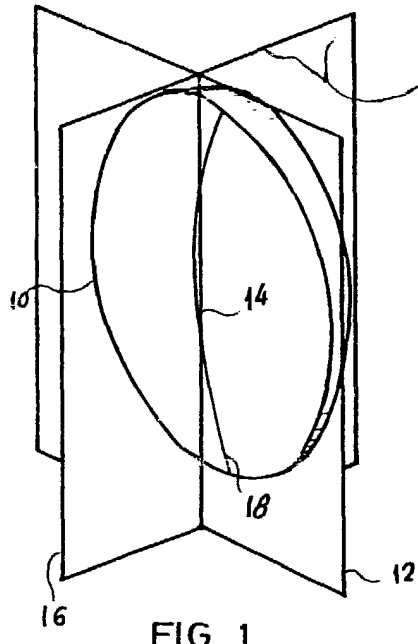


FIG. 1

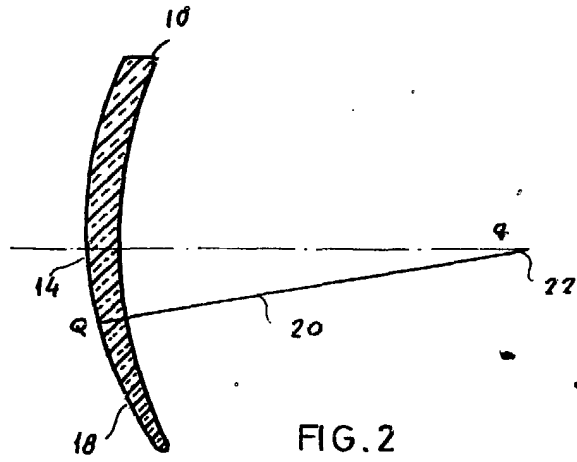


FIG. 2

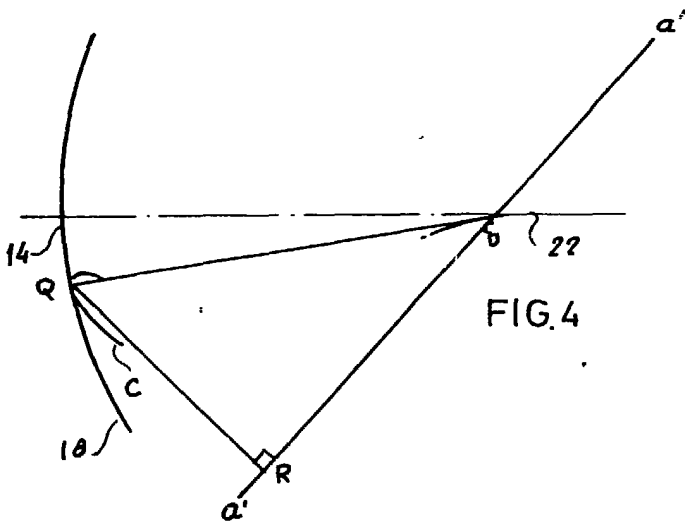


FIG. 4

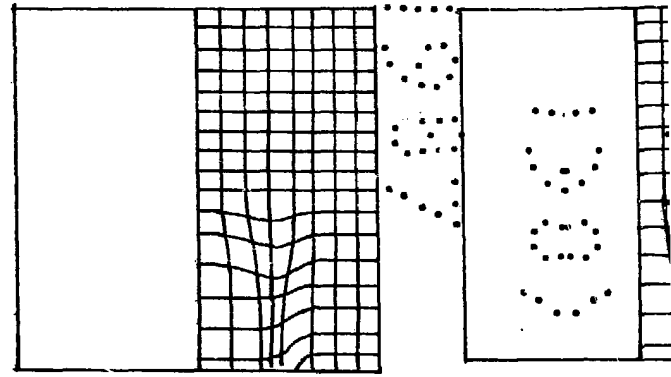


FIG. 6

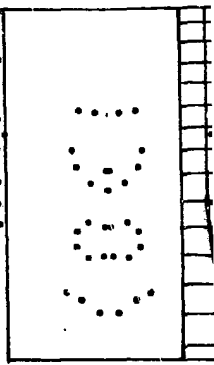


FIG. 7

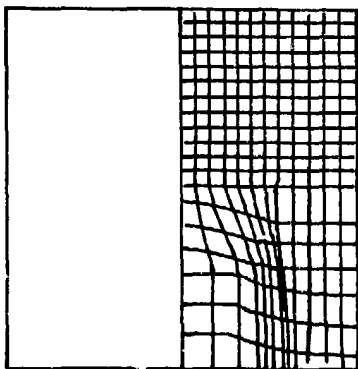


FIG. 10

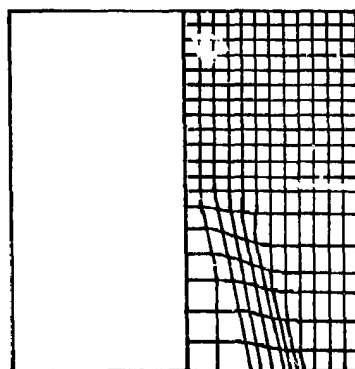


FIG. 11

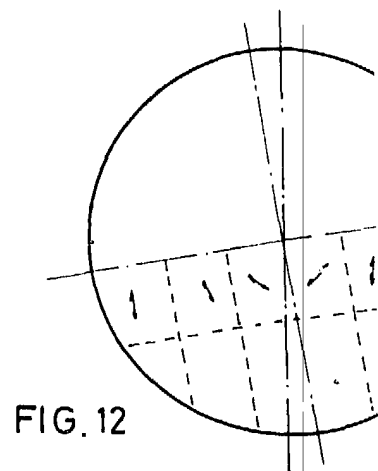


FIG. 12

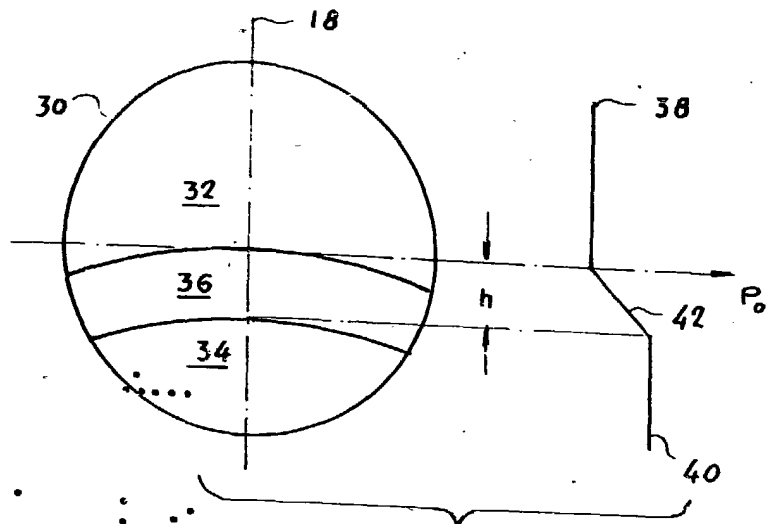


FIG. 3

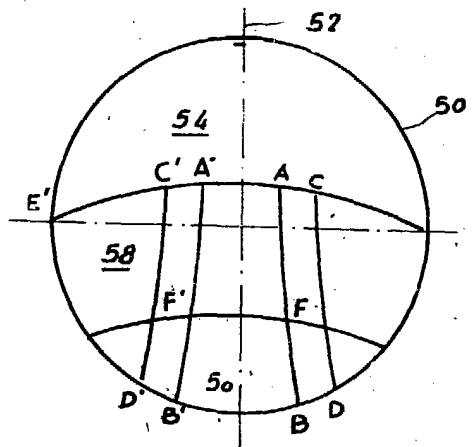


FIG. 5

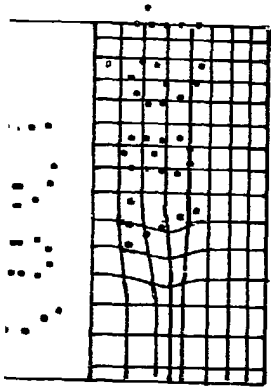


FIG. 7

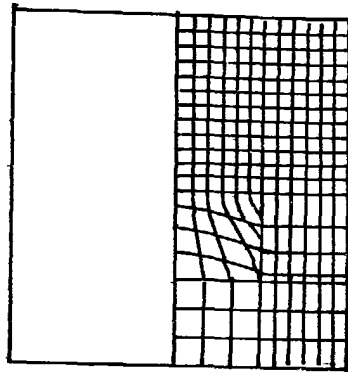


FIG. 8

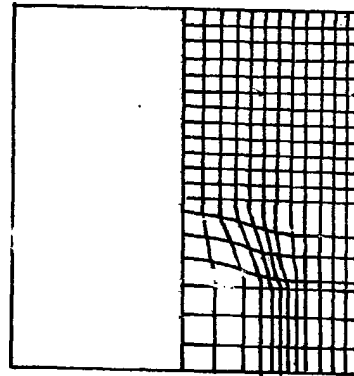


FIG. 9

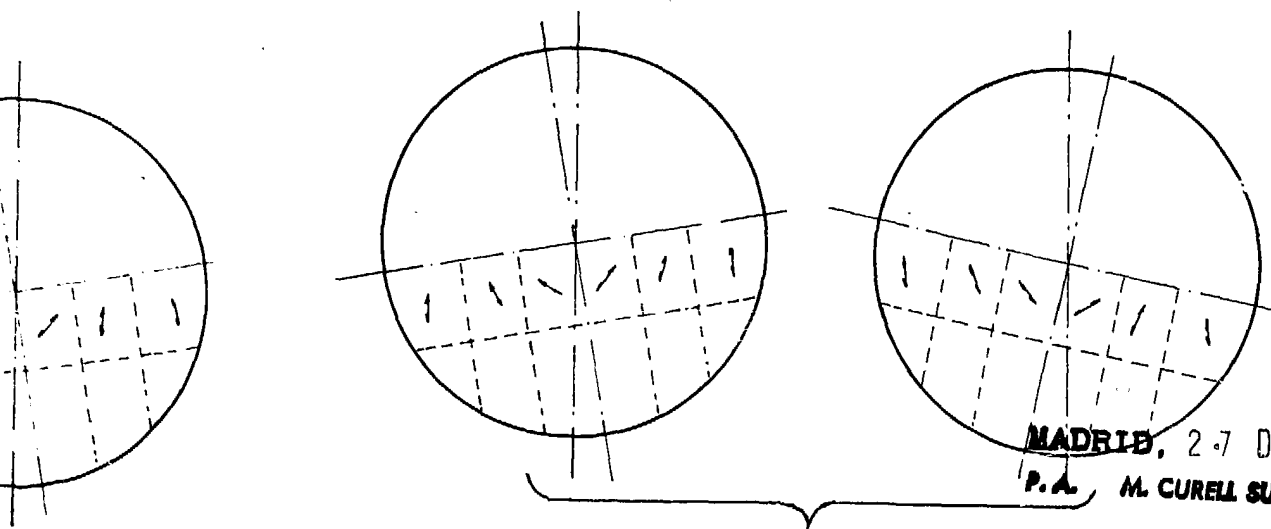


FIG. 13

MADRID, 27 DIC. 1985
P.A. M. CURELL SUÑOL

Handwritten signature

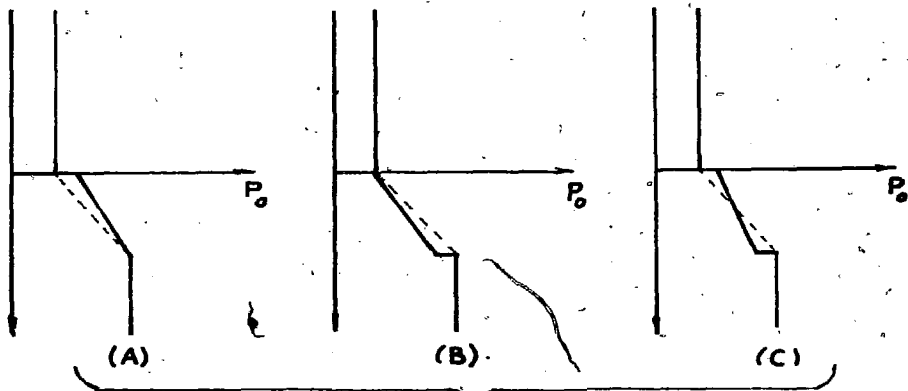


FIG. 14

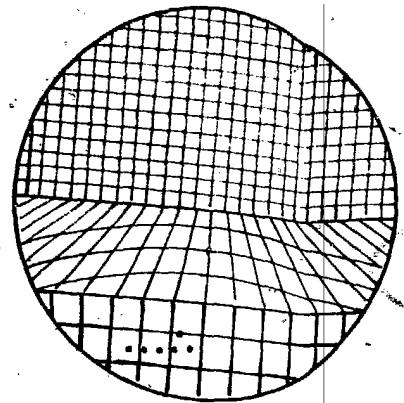
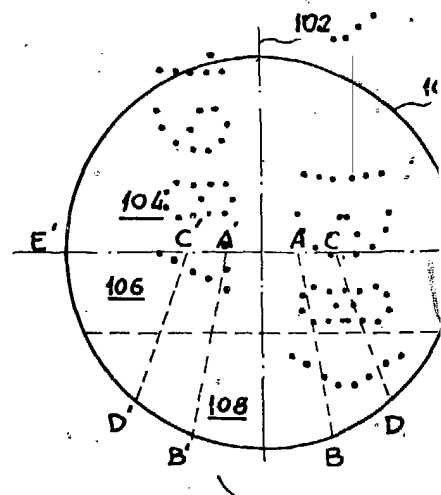


FIG. 16

	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
0.5	20 0	40 100	∞ ∞							
1.0	10 0	13 30	20 100	40 300	∞ ∞					
1.5	6.6 0	8 21	10 51	13.3 100	20 200	∞ ∞				
2.0	5 0	5.6 12	6.6 30	8 56	10 100	20 300	∞ ∞			
2.5	4 0	4.4 10	5 25	5.7 42	6.6 65	10 150	20 400	∞ ∞		
3.0	3.3 0	3.6 9	4 18	4.3 30	5 57	6.6 100	10 200	20 500	∞ ∞	
3.5	2.9 0	3.1 7	3.3 14	3.6 25	4 39	5 73	6.6 130	10 249	20 600	∞ ∞

FIG. 15



F

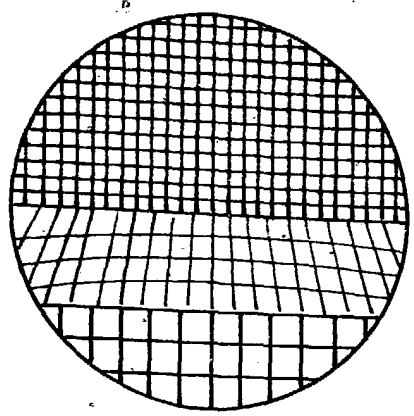
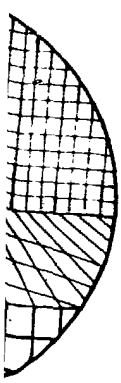


FIG. 17

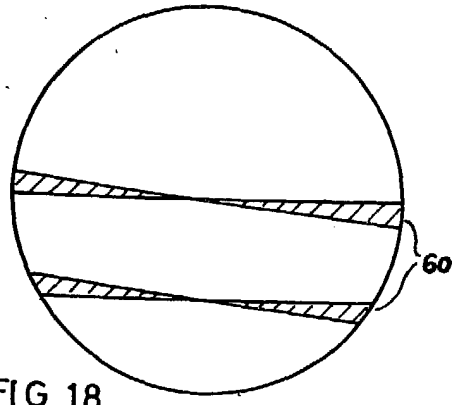


FIG. 18

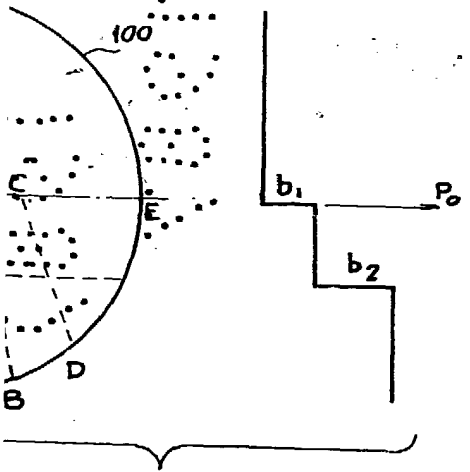


FIG. 19

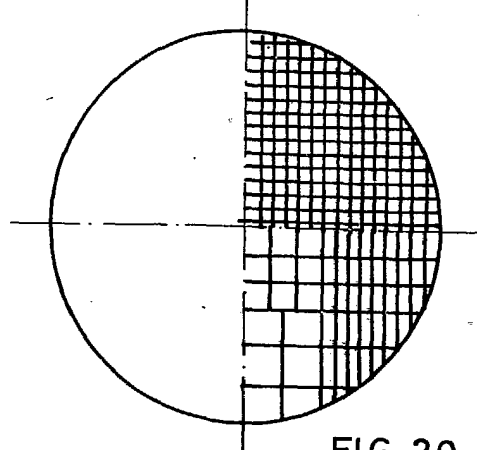


FIG. 20

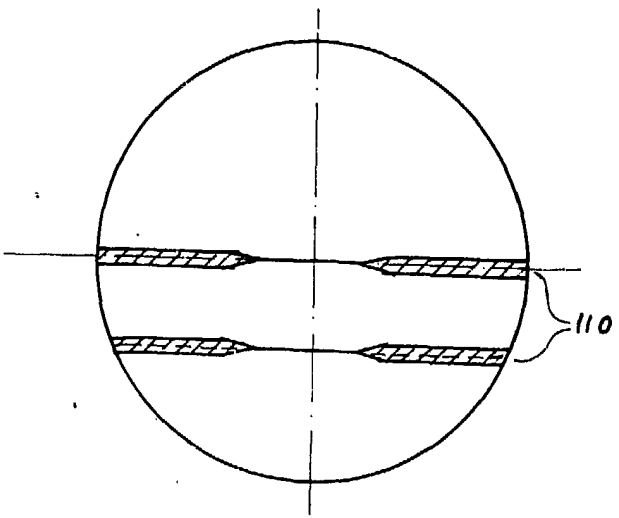


FIG. 21

MADRID, 27 DIC. 1985
P.A. M. CUREL SURGOL

A handwritten signature in cursive script.