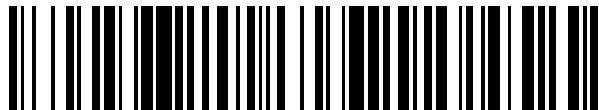


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 376**

51 Int. Cl.:

G02B 5/124 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.11.2003 PCT/US2003/035611**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.07.2004 WO04061489**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2003 E 03783248 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 1573368**

54 Título: **Trazado de esquinas de cubo a tres niveles**

30 Prioridad:

17.12.2002 US 320738

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

12.04.2018

73 Titular/es:

**AVERY DENNISON CORPORATION (100.0%)
7590 Auburn Road
Painesville, OH 44077, US**

72 Inventor/es:

COUZIN, DENNIS, I.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 663 376 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

Trazado de esquinas de cubo a tres niveles

5 Esta invención se refiere en general a esquinas de cubo retrorreflectoras, y en concreto a un conjunto de esquinas de cubo cuasi-trianguulares, trazadas por medio de tres conjuntos de ranuras en V equidistantes, paralelas y simétricas. El conjunto de esquinas de cubo consigue una retrorreflectancia de mayor utilidad como prismas no metalizados al disponer las direcciones de trazado formando tres ángulos desiguales, y al disponer las tres profundidades de trazado desiguales para cada esquina de cubo.

Antecedentes de la invención

10 El solicitante ha observado las siguientes propiedades de los elementos prismáticos de esquina de cubo que son pertinentes para la invención. Estas observaciones se analizan con respecto a las figuras 1 – 22, habiendo sido generadas todas ellas por parte del solicitante, con la excepción de la figura 21. A pesar de que se hace referencia en esta sección de manera frecuente a la técnica anterior, las interpretaciones y observaciones relativas a la técnica se considera que son exclusivas del solicitante.

15 Los retrorreflectores devuelven la luz procedente de una fuente a la fuente y a la zona situada próxima a ella. Para un conductor de un vehículo por la noche, una señal de tráfico retrorreflectante parece cientos de veces más brillante que una señal pintada lisa. Por el día, se espera que la señal sea aproximadamente tan brillante como una señal pintada lisa. Si la señal devolviera la iluminación de la luz del día a sus fuentes, el sol y el cielo, ésta estaría completamente oscura para el conductor del vehículo por el día. La solución a esta paradoja es que las señales de tráfico retrorreflectantes pueden ser efectivas tanto por la noche como por el día al no poder retrorreflejar de forma
20 eficiente la luz que llega desde algunas fuentes, mientras que retrorreflejan eficientemente la luz procedente de otras fuentes. Las láminas retrorreflectantes de las señales de tráfico son las mejores debido a su capacidad para retrorreflejar las luces de los vehículos en todas sus posiciones realistas, pero no para retrorreflejar las luces de los vehículos en posiciones casi imposibles.

25 La posición de la fuente de iluminación con respecto a la lámina de la señal de tráfico se describe, por lo general, por medio de dos ángulos: el ángulo de entrada β y el ángulo de orientación ω . La figura 1 muestra una pequeña varilla r perpendicular a una señal de tráfico. El haz de luz e ilumina la señal. El ángulo de entrada β es el ángulo entre e y r . El haz de luz e proyecta una sombra s de la varilla r sobre la señal. El ángulo de entrada β se podría determinar a partir de la longitud de la sombra s . El ángulo de orientación ω está determinado por la dirección de la sombra s . ω es el ángulo medido desde la dirección nominal "hacia arriba" de la lámina de la señal hasta la sombra s . El ángulo se mide en el sentido de las agujas del reloj, de manera que en la figura 1, ω es igual, aproximadamente, a +65 grados. Si el haz de la luz de iluminación es propiamente perpendicular a la señal, entonces el ángulo de entrada $\beta = 0$ y no hay sombra, de manera que ω no tiene sentido.

30 Para las aplicaciones de señales de tráfico, los casos en los que β es grande son casi siempre casos en los la señal es aproximadamente vertical, pero está girada para no quedar enfrentada con la dirección de la fuente de iluminación. Los valores de β para estas señales pueden ser mayores de 40°. Los valores de ω en estos casos están, por lo general, en el intervalo de 75° a 95° para señales situadas en el lado derecho de la carretera, o en el intervalo de -75° a -95° para señales situadas en el lado izquierdo de la carretera. Este es el fundamento de la importancia de los valores de ω de más y menos 90°.

40 La lámina que tiene una buena retrorreflectancia para β grande y además a valores de 0° y 180° de ω tiene una ventaja práctica. La lámina es un producto en rollo, y existen formas de ahorro que son capaces de utilizarlo tanto en dirección longitudinal como en dirección transversal en la fabricación de señales. Por ello, la importancia de los valores de ω de -90°, 0°, 90° y 180°.

45 Los retrorreflectores son de dos tipos ópticos. El primer tipo funciona <refractar, reflejar, refractar>. Una primera superficie de refracción curva genera una imagen de la fuente sobre una segunda superficie. La superficie de la imagen es reflectante, ya sea especular o difusa, de manera que la luz de la imagen vuelve hacia la primera superficie de refracción, y de allí hacia la fuente. Este tipo de retrorreflector se ejemplifica por medio de las esferas de vidrio metalizadas a la mitad que comprenden muchas láminas de señales de tráfico. El segundo tipo de retrorreflector funciona <reflejar, reflejar, reflejar>. Cuando la luz entra en una esquina en la que se cortan tres espejos según ángulos rectos, se refleja en uno, luego en otro, y a continuación en el tercer espejo y vuelve hacia la
50 fuente. Del mismo modo, cuando la luz entra en un prisma cortado como la esquina de un cubo, se puede reflejar internamente en las tres caras del cubo y volver según su dirección original. La luz entra y sale a través de una cuarta cara del prisma. La secuencia completa es <refractar, reflejar, reflejar, reflejar, refractar>. Dado que las dos refracciones son en la misma superficie plana, las tres reflexiones son lo que proporciona la retrorreflexión. Este tipo de retrorreflector se ejemplifica por medio de los primas submilimétricos dispuestos en conjuntos en muchas láminas
55 de señales de tráfico.

El retrorreflector prismático tiene ventajas en comparación con el retrorreflector esférico para las señales de tráfico. Los prismas se pueden juntar de forma más eficiente. Los prismas pueden ser menos aberrantes. Los prismas, además, pueden ser más selectivos con respecto a qué direcciones de fuentes se han de retrorreflejar y cuáles no.

5 Un “elemento de esquina de cubo” se define como una región del espacio limitada en parte por tres caras planas, caras que son partes de tres caras de un cubo que se cortan en una sola esquina del cubo. La eficiencia geométrica de un prisma de esquina de cubo retrorreflectante depende de dos factores principales: la apertura efectiva y la reflectancia de cara combinada. La apertura efectiva se determina bajo el supuesto de que el segundo factor es perfecto. La forma geométrica del prisma de esquina de cubo y el índice de refracción de su material determinan qué superficie del área ocupada por el prisma puede participar en la retrorreflexión para una iluminación de una β y una ω particulares. El índice de refracción se incluye en la apertura efectiva de la esquina de cubo siempre que $\beta \neq 0^\circ$, debido a la refracción en la superficie de entrada/salida.

10 La apertura efectiva se puede hallar mediante la técnica de trazado de rayos. Otro método bien conocido de determinación de la apertura efectiva está ilustrado en las figuras 2A y 2B. La figura 2A muestra una vista de un retrorreflector de esquina de cubo en la dirección de un rayo de luz que entra en la esquina de cubo. Para una iluminación de $\beta = 0^\circ$, esto es simplemente una vista de la esquina de cubo normal a la superficie frontal de la lámina retrorreflectante. Para cualquier otra iluminación, la refracción del rayo entrante en la superficie frontal se debe tener en cuenta cuando se aplica el método de la figura 2A.

15 La figura 2A muestra un diagrama del tipo de trayectoria de rayos que se requiere para una retrorreflexión de esquina de cubo. La iluminación entra en la esquina de cubo en un rayo, y la esquina de cubo se representa como si se viera a lo largo de ese rayo. El rayo aparece como el punto A en la figura 2A. El rayo llega a un punto sobre la cara 1 que se muestra en A. El rayo se refleja entonces desde la cara 1 hasta otra cara del cubo. La trayectoria de esta reflexión, en la vista de la figura, debe aparecer paralela al borde diedro 4 del cubo, el cual es el borde diedro que no es parte de la cara 1. El rayo reflejado llega a la cara 2 en el punto que se muestra en B. El punto B se construye al hacer que el borde diedro 6, el borde diedro que comparten las caras 1 y 2, biseque el segmento de línea AB. Desde el punto de la cara 2 que se muestra en B, el rayo se refleja hasta la cara 3 del cubo. La trayectoria de esta reflexión, en la vista de la figura, debe aparecer paralela al borde diedro 6 del cubo, el cual es el borde diedro que no es parte de la cara 3. El rayo reflejado llega a la cara 3 en el punto que se muestra en C. El punto C se construye al hacer que el borde diedro 4, el borde diedro que comparten las caras 2 y 3, biseque el segmento de línea BC. Desde el punto de la cara 3 que se muestra en C, el rayo sale de la esquina de cubo en una dirección paralela a su primera llegada, completando la retrorreflexión. Este rayo aparece como el punto C.

20 La región sombreada de la figura 2B muestra qué área de la esquina de cubo de la figura 2A es ópticamente efectiva para la retrorreflexión de la iluminación que tiene la dirección de la vista. Esta apertura efectiva es la colección de todos los puntos como el punto A, tal como el descrito con anterioridad, para los que hay un punto B, tal como el descrito con anterioridad, en una segunda cara de la esquina de cubo, y además un punto C, tal como el descrito con anterioridad, en una tercera cara de la esquina de cubo.

25 El vértice de la esquina de cubo aparece en el punto O de la figura 2A. Por geometría, AOC es recto y $AO = OC$. El punto de entrada de la iluminación y el punto de salida de la iluminación son simétricos con respecto al vértice en el diagrama. Para esquinas de cubo de forma triangular, con cada uno de los tres bordes diedros extendiéndose hasta un vértice del triángulo, se puede demostrar que siempre que dichos puntos simétricos A y C se encuentran dentro del triángulo, el punto intermedio B también debe estar situado en el interior del triángulo. Por lo tanto, el método esquemático de la figura 2A se simplifica para esquinas de cubo triangulares. La apertura efectiva se puede hallar como la intersección del triángulo de la esquina de cubo con este triángulo girado 180° alrededor del punto O, tal y como se muestra en la figura 2C.

30 Al realizar la determinación de la apertura efectiva por medio del método esquemático de la figura 2A, se supone que las caras reflejan como espejos. Las caras de un prisma de esquina de cubo que están metalizadas reflejan como espejos, aunque hay cierta pérdida de intensidad por absorción en cada reflexión. Para la metalización con aluminio pulverizado al vacío la pérdida es de aproximadamente el 14 %. La pérdida debida a tres reflexiones de este tipo es de aproximadamente el 36 %. Las caras de una esquina de cubo que están sin metalizar también pueden reflejar como espejos ideales. La reflexión interna total (TIR, total internal reflection, por sus siglas en inglés) implica una pérdida cero en intensidad. Sin embargo, las caras de una esquina de cubo que están sin metalizar también pueden reflejar débilmente. La TIR requiere que el ángulo de incidencia sobre la cara exceda de un cierto ángulo crítico. El ángulo crítico es igual al arcoseno del recíproco del índice de refracción del material del prisma. Por ejemplo, para un material de $n = 1,5$, el ángulo crítico es de aproximadamente $41,81^\circ$. La luz incidente a $41,82^\circ$ es reflejada internamente de forma completa. La luz incidente a $41,80^\circ$ pierde el 11 % de su intensidad. La luz incidente a 41° pierde el 62 % de su intensidad. Un prisma de esquina de cubo con caras sin metalizar puede tener una o dos caras que no cumplan con la TIR para una iluminación de entrada particular.

35 La eficiencia geométrica de un prisma de esquina de cubo retrorreflectante depende además de la reflectancia especular de la superficie a través de la cual la luz entra y sale del prisma. Este factor depende del índice de refracción del material de la superficie frontal, de acuerdo a las ecuaciones de Fresnel para la reflexión dieléctrica. El

material de la superficie frontal es a menudo diferente del material del cuerpo del prisma. Este factor de la eficiencia geométrica se ignorará aquí, dado que es independiente del diseño del prisma.

La eficiencia geométrica de un conjunto de esquinas de cubo retrorreflectantes no está determinada al completo por la eficiencia geométrica de los prismas individuales. Parte de la luz que no es retrorreflejada por un prisma puede ir a otros prismas, generalmente a través de una reflexión interna total desde la superficie frontal, y ciertas trayectorias que involucran múltiples esquinas de cubo producen retrorreflexión. Este factor depende del diseño del prisma, así como del grosor del material situado entre los prismas y la superficie frontal. Este factor se estudia mejor por medio de la técnica de trazado de rayos. Dado que las esquinas de cubo de la presente invención no difieren de forma importante en sus efectos entre cubos con respecto a las esquinas de cubo de la técnica anterior, este factor se ignora en las descripciones.

El primer factor que influye en la eficiencia geométrica de un prisma de esquina de cubo, su apertura efectiva para unas β y ω particulares, es independiente de si está metalizado o no. El segundo factor que influye en la eficiencia geométrica de un prisma de esquina de cubo, el producto de las reflectancias de sus tres caras para unas β y ω particulares, depende de forma importante de su metalización o no. Normalmente, la reflectancia de cara combinada de los prismas de esquinas de cubo aluminizados es de aproximadamente el 64 %, con poca dependencia de β y ω . Normalmente, la reflectancia de cara combinada de los prismas de esquinas de cubo no metalizados es del 100 % para muchas combinaciones de β , ω y de menos del 10 % para muchas otras combinaciones de β , ω .

La lámina retrorreflectante de las señales de tráfico no debe sólo retrorreflejar los faros durante la noche, sino que también ha de tener una buena luminosidad por el día. Las esquinas de cubo no metalizadas se prefieren siempre con respecto a las esquinas de cubo metalizadas para las aplicaciones de señales de tráfico, debido a que la esquina de cubo metalizada tiene una apariencia más bien oscura durante el día. Esta oscuridad que recibe el conductor del vehículo se debe en gran medida a que la reflectancia de cara combinada de los prismas metalizados no es nunca baja, de manera que puede retrorreflejar mejor la luz del sol y la luz del cielo al sol y al cielo. En comparación, la TIR no se cumple frecuentemente en una lámina prismática no metalizada, y en consecuencia la luz se escapa hacia afuera del prisma. Una película blanca de forro situada por detrás de los prismas refleja de forma difusa dicha luz para que finalmente emerja de forma casi difusa desde la lámina.

K. N. Chandler, en un artículo de investigación no publicado para el British Road Research Laboratory titulado "The Theory of Corner-Cube Reflectors", de fecha de octubre de 1956, representó gráficamente los límites de la TIR para algunos retrorreflectores de esquina de cubo no metalizados. La figura 3 muestra una esquina de cubo cuadrada con cuatro direcciones de iluminación marcadas como -90, 0, 90, 180 según el ángulo ω . La forma es irrelevante para los límites de la TIR, los cuales dependen únicamente de las inclinaciones de las caras del cubo y del índice de refracción del material.

La figura 4 muestra un diagrama correspondiente a la figura 3, de acuerdo a la forma del diagrama de Chandler. En la figura 4, el ángulo de orientación ω (desde -180° a 180°) está representado circunferencialmente, y el ángulo de entrada β (desde 0° a 90°) está representado radialmente, y la curva de tres ramas muestra el valor máximo de β para cada ω para el que la TIR se mantiene en la esquina de cubo. Se ha escogido un índice de refracción $n = 1,586$ para el ejemplo. La figura 4 muestra cómo los rayos de iluminación indicados por +90 en la figura 3 pueden ser de cualquier oblicuidad sin que haya un incumplimiento de la TIR, mientras que la luz indicada por -90 en la figura 3 no puede exceder de aproximadamente 25° de oblicuidad sin que se incumpla la TIR, y la luz indicada por 0 y por 180 en la figura 3 no puede exceder de aproximadamente 31° sin que se incumpla la TIR.

Al objeto de mitigar la debilidad para $\omega = -90^\circ$, mostrada en la figura 4, las esquinas de cubo se han emparejado comúnmente, tal y como se muestra en la figura 5. Las dos curvas de Chandler de la figura 6, correspondientes a las dos esquinas de cubo de la figura 5, muestran cómo el cubo izquierdo de la figura 5 "cubre" al cubo derecho de las figuras 3 y 6 para $\omega = -90^\circ$, ocurriendo lo opuesto para $\omega = +90^\circ$. No obstante, la figura 6 no muestra ninguna mejora adicional del ángulo de entrada de 31° para $\omega = 0^\circ$.

El diagrama de Chandler depende únicamente de dos cosas: de los ángulos según los cuales los rayos interiores alcanzan a las tres caras del cubo y del ángulo crítico del material del prisma. Por lo tanto, los únicos métodos no triviales para modificar el diagrama de Chandler son el cambio del índice de refracción del material del prisma y la inclinación de la esquina de cubo con respecto a la superficie frontal del artículo.

El incremento del índice de refracción hace aumentar la región de la TIR en el diagrama de Chandler, tal y como se muestra en la figura 7. El cambio de las direcciones de los brazos de la región requiere la inclinación de la esquina de cubo.

Se dice que un elemento de prisma de esquina de cubo en una lámina está inclinado cuando su eje del cubo no es perpendicular a la superficie frontal de la lámina. El eje del cubo es la línea que parte del vértice del cubo y que forma ángulos iguales con cada una de las tres caras del cubo. Esta línea sería una diagonal del cubo completo. El documento de patente de EE.UU. de Rowland nº 3.684.348 describe la "inclinación" de esquinas de cubo triangulares al objeto de mejorar sus rendimientos con ángulo de entrada grande a expensas de sus rendimientos con ángulo de entrada pequeño. Cuando un conjunto de esquinas de cubo se conforma por medio de tres conjuntos

de ranuras en V paralelas y simétricas, y las direcciones de ranurado no están a 60° entre sí, las esquinas de cubo están inclinadas.

5 El documento de patente de Heenan et al. n° 3.541.606 describe unas esquinas de cubo inclinadas no regladas con respecto a la dirección de inclinación. Descubrió que un retrorreflector compuesto de esquinas de cubo hexagonales no metalizadas y sus correspondientes parejas giradas 180° podrían tener una mayor angularidad de entrada en dos planos ortogonales (es decir, a $\omega = -90^\circ, 0^\circ, 90^\circ$ y 180°) siempre que las esquinas de cubo se inclinaran en una dirección que hiciera que una cara del cubo fuera casi paralela a la superficie frontal del artículo. Este efecto se debe a una reflectancia de cara combinada del 100 % a valores grandes de β para estos valores de ω . La figura 8 muestra una vista en planta de una pareja de esquinas de cubo inclinadas 10° como las de la figura 19 del documento de patente de Heenan et al. n° 3.541.606, excepto por el hecho de que son cuadradas en vez de hexagonales. Los ejes del cubo, mostrados por medio de flechas, muestran que la inclinación ha sido simétrica entre las dos caras del cubo que no se hicieron más paralelas al frontal del artículo. El borde diedro entre esas dos caras, el eje del cubo y una línea normal que parte del vértice del cubo perpendicular a la superficie frontal del artículo quedan dispuestos en un solo plano, y dicha línea normal queda dispuesta entre dicho borde diedro y el eje del cubo.

15 El solicitante ha encontrado de utilidad la construcción de diagramas como el de Chandler, pero para esquinas de cubo inclinadas. En esta solicitud, todos los diagramas de este tipo se denominan "diagramas de Chandler". La figura 9 es el diagrama de Chandler para la pareja de esquinas de cubo hechas en acrílico de "caras más paralelas", de forma abreviada "fmp" ("face-more-parallel", por sus siglas en inglés), de la figura 8. La figura 10 es el diagrama de Chandler para esquinas de cubo de acrílico con una inclinación fmp que es mayor en 1,3°.

20 El documento de patente de Hoopman n° 4.588.258 describe la aplicación de una inclinación fmp a esquinas de cubo triangulares regladas. El diagrama de Chandler generado para dichas esquinas de cubo triangulares regladas es substancialmente el mismo que el obtenido para el documento de patente de Heenan et al. n° 3.541.606. Las esquinas de cubo de Hoopman tienen incluso una mejor angularidad de entrada que las esquinas de cubo inclinadas de Heenan debido a que las esquinas de cubo triangulares tienen una mayor apertura efectiva para ángulos de entrada grandes que la que tienen las esquinas de cubo hexagonales o cuadradas.

25 El documento de patente de Heenan et al. n° 3.541.606 describe además la esquina de cubo inclinada de "bordes más paralelos", de forma abreviada "emp" ("edge-more-parallel", por sus siglas en inglés). La figura 11 muestra una pareja de cubos de este tipo con una inclinación emp de 10°. Los ejes del cubo, mostrados por medio de flechas, muestran que la inclinación es simétrica entre dos caras del cubo, de tal manera que el borde diedro entre ellas se convierte en más paralelo a la superficie frontal del artículo. Dicho borde diedro, el eje del cubo y una línea normal que parte del vértice del cubo perpendicular a la superficie frontal del artículo quedan dispuestos en un solo plano, y el eje del cubo queda dispuesto entre dicho borde diedro y dicha línea normal. La figura 12 es el diagrama de Chandler generado para las esquinas de cubo de acrílico de $n = 1,49$ de la figura 11. Las figuras 9 y 12 muestran las respectivas características de una inclinación de caras más paralelas y de bordes más paralelos. El diagrama de Chandler simétrico de la figura 6 se comprime en la figura 9 y se estira en la figura 12. Comparando las figuras 6, 9 y 12, el área esquemática de la TIR es máxima en la figura 6 y mínima en la figura 9. Sin embargo, la región de la TIR de la figura 9 contiene las parejas β, ω de mayor utilidad.

30 Los documentos de patente de Smith et al. n° 5.822.121 y n° 5.926.314 describen el trazado de conjuntos de esquinas de cubo por medio de tres conjuntos de ranuras en V paralelas y simétricas a una profundidad igual, teniendo las ranuras una direcciones tales que entre ningunas dos los ángulos son los mismos. Las esquinas de cubo tienen las formas de triángulos escalenos. El solicitante ha observado que los ejes del cubo están necesariamente inclinados, pero la inclinación no es ni fmp ni emp. La figura 14 muestra una vista en planta de una pareja de dichas esquinas de cubo con inclinación 9,74°. Para cada cubo, el eje del cubo, mostrado por medio de una flecha, muestra que la inclinación no es simétrica entre cualesquiera dos caras del cubo. El no hay borde diedro en un plano junto con el eje del cubo y una normal trazada desde el vértice del cubo a la superficie frontal del artículo. En esta solicitud, dicha inclinación se denomina "inclinación compuesta".

35 Las figuras 13A y 13B explican la forma del diagrama de Chandler para una esquina de cubo inclinada compuesta. La figura 13A es la misma vista en planta, normal a la superficie frontal del artículo, de una de las esquinas de cubo de la figura 14, aunque las flechas gruesas son diferentes de las flechas de la figura 14. Las flechas gruesas de la figura 13A siguen las alturas del triángulo e indican los ángulos de orientación de la iluminación que, para un ángulo de entrada dado, hacen que los ángulos de incidencia sobre las caras del cubo sean los más pequeños. Para un ángulo de entrada dado, para todos los ángulos de orientación de iluminación, que a lo largo de la flecha marcada como a llegarán a la cara marcada como a según el ángulo de incidencia más pequeño, debido a que él solo tiene únicamente una dimensión de oblicuidad. Por lo tanto, la TIR no se cumplirá en la cara a para este ángulo de orientación, para un ángulo de entrada más pequeño que para otros ángulos de orientación. La figura 13B es el diagrama de Chandler para la esquina de cubo de la figura 13A. La flecha marcada como a en la figura 13B corresponde a la flecha marcada como a en la figura 13A. La flecha a de la figura 13B apunta al β mínimo sobre esa parte arqueada del diagrama de Chandler que indica el lugar en el que la cara a de la figura 13A no cumple la TIR. La parte arqueada es simétrica con respecto a la flecha a.

El solicitante ha descubierto que si un borde de la esquina de cubo triangular se hace vertical como en la figura 13A, entonces, si el triángulo tiene unos ángulos A y B sobre ese borde, tal y como se muestra en la figura, la geometría elemental determina que el diagrama de Chandler tendrá sus tres ramas centradas aproximadamente en los tres ángulos ω :

$$\begin{aligned} \omega_1 &= 90^\circ - A - B; \\ \omega_2 &= 90^\circ + A - B; \\ \omega_3 &= 90^\circ + A + B. \end{aligned} \quad (1)$$

Para el ejemplo de la figura 13A, el ángulo A = 50° el ángulo B = 60°, de manera que las tres ramas de Chandler están centradas aproximadamente en -20°, 80° y 200°. De mayor importancia son los tres ángulos que separan las tres direcciones de las ramas. Estos son aproximadamente:

$$\begin{aligned} \Delta\omega_1 &= 2A; \\ \Delta\omega_2 &= 2B; \\ \Delta\omega_3 &= 360^\circ - 2A - 2B, \end{aligned}$$

o $\Delta\omega_3 = 2C$; en donde C es el tercer ángulo del triángulo. (2)

Es deseable tener dos ramas separadas unos 90°. Según las relaciones anteriores, esto requiere que uno de los ángulos del triángulo en vista en planta sea igual a 45°. El solicitante ha observado que esto no es posible con una esquina de cubo de triángulo isósceles con inclinación de caras más paralelas, dado que el triángulo sería de 45°-45°-90°, implicando que la vista en planta está directamente sobre una cara. Una separación de 100° de las ramas es suficiente. Esto requiere que el triángulo sea de 50°-50°-80°, lo cual implica una inclinación de aproximadamente 21,8°. La consecuencia de una inclinación grande de este tipo es un incumplimiento de la TIR a $\beta = 0^\circ$. La figura 16 muestra como incluso una inclinación de caras más paralelas de 16°, con incluso un índice de refracción muy elevado $n = 1,63$, casi incumple la TIR a $\beta = 0^\circ$.

El solicitante ha observado además que una separación de 90° de las ramas de Chandler es posible con una esquina de cubo de triángulo isósceles con inclinación de bordes más paralelos cuando se hace que el triángulo sea de 67,5°-67,5°-45°. Esto corresponde a una inclinación de aproximadamente 10,8°. La figura 12 muestra el diagrama de Chandler para una esquina de cubo de casi este tipo. Existen problemas relativos a la apertura efectiva a β grande para diseños emp, tal y como se analizará más adelante.

La separación de 90° de las ramas de Chandler es posible con una esquina de cubo de triángulo escaleno, tal como uno con A = 45°, B = 60°, C = 75°. Es más práctico hacer que las ramas estén separadas 100° con A = 50°, como en la figura 13A.

La figura 14 ilustra la esquina de cubo de la figura 13A con una esquina de cubo vecina. Las flechas discontinuas indican los ejes del cubo en la vista en planta. La figura 15 ilustra cómo los diagramas de Chandler de las dos esquinas de cubo se cubren entre sí. Al girar estas esquinas de cubo aproximadamente 10° en sentido contrario a las agujas del reloj, se hace girar el diagrama de Chandler del mismo modo. Por lo tanto, existe la posibilidad de obtener una buena angularidad de entrada para $\omega = -90^\circ, 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$.

La figura 15 se parece más a la figura 9 que lo que se parece a la figura 12. En las figuras 15 y 10, las seis ramas de Chandler empiezan a converger a cuatro ramas. El solicitante ha observado que se puede demostrar que, en general, las seis ramas están separadas de acuerdo a $180^\circ - 2A$, $180^\circ - 2B$ y $180^\circ - 2C$. Por lo tanto, la convergencia de las ramas es el resultado de que uno de los ángulos A, B, C sea especialmente grande. La esquina de cubo con inclinación de bordes más paralelos de triángulo isósceles no puede tener ningún ángulo especialmente grande dado que sus dos ángulos mayores son iguales.

Las figuras 17A – 17F son vistas en planta de esquinas de cubo vistas desde la normal a la superficie frontal de la lámina, y los diagramas de Chandler correspondientes para una pareja de esquinas de cubo. Todas las esquinas de cubo están inclinadas 11,3°, con el eje en la vista en planta mostrado como una flecha corta. Las figuras ilustran la variación continua de las inclinaciones desde la de caras más paralelas de la figura 17A a la de bordes más paralelos de la figura 17F. El triángulo isósceles de la figura 17A pasa, a través de triángulos escalenos, hasta el triángulo isósceles de la figura 17F. El solicitante ha observado que en la figura 17A, una cara, indicada como mp, es especialmente vulnerable al incumplimiento en la TIR debido a que es especialmente paralela a la superficie frontal de la lámina. En la figura 17F, dos caras, indicadas cada una de ellas como mp, son especialmente vulnerables al incumplimiento en la TIR debido a que son especialmente paralelas a la superficie frontal de la lámina. Las dos caras flanquean el borde que está inclinado en posición más paralela a la superficie frontal de la lámina. Es artificial clasificar todas las inclinaciones o como de caras más paralelas o como de bordes más paralelos, tal y como se intentó en el documento de patente de Heenan et al. n° 6.015.214, ya que las características ópticas deben cambiar de forma continua entre caras más paralelas y bordes más paralelos.

Las esquinas de cubo triangulares regladas son de utilidad al objeto de ilustrar la continuidad entre la inclinación de caras más paralelas y la inclinación de bordes más paralelos, aunque la inclinación de la esquina de cubo es independiente de la forma de la esquina de cubo. La inclinación es evidente a partir de la vista en planta, perpendicular a la superficie de la lámina, de los tres ángulos formados en el vértice del cubo. Si D y E son dos de los tres ángulos formados alrededor del vértice en esta vista, y si $d = -\tan D$ y $e = -\tan E$, entonces, la inclinación está dada por la ecuación (3), la cual es equivalente a una ecuación presente en el documento de patente de Heenan et al. n° 6.015.214.

$$\text{cant} = \arccos \left(\frac{1}{\sqrt{3de}} \left[1 + (\sqrt{d} + \sqrt{e}) \sqrt{\frac{de-1}{d+e}} \right] \right) \quad (3)$$

Para esquinas de cubo triangulares regladas, los tres ángulos del triángulo son sencillamente los complementos de los ángulos de la vista en planta alrededor del vértice del cubo. Por ejemplo, en la figura 17C, el ángulo marcado como A más el ángulo marcado como D deben ser igual a 180°.

El solicitante proporciona las siguientes cinco definiciones de términos relativos a la inclinación del cubo:

15 Eje del cubo: la diagonal desde la esquina de un cubo, siendo subyacentes dicho cubo y su esquina al elemento de esquina de cubo.

Esquina de cubo inclinada: una esquina de cubo que tiene su eje en posición no perpendicular a la superficie de la lámina. La inclinación se puede medir como el ángulo entre el eje del cubo y la normal a la superficie de la lámina. Comentario: cuando hay inclinación, una vista en planta normal a la superficie de la lámina muestra los ángulos de las caras en el vértice con un valor que no es para todos de 120°.

25 Inclinación de bordes más paralelos: inclinación de la esquina de cubo que hace que el eje del cubo, uno de los bordes diedros y una normal desde el vértice de la esquina de cubo hasta la superficie de la lámina queden dispuestos en un plano, y la normal está dispuesta entre el eje del cubo y el borde diedro. Comentario: cuando la inclinación es emp, una vista en planta normal a la superficie de la lámina muestra dos de los ángulos de las caras en el vértice iguales, y menores que el tercer ángulo de las caras en el vértice.

30 Inclinación de caras más paralelas: inclinación de la esquina de cubo que hace que el eje del cubo, uno de los bordes diedros y una normal desde el vértice de la esquina de cubo hasta la superficie de la lámina queden dispuestos en un plano, y el borde diedro está dispuesto entre el eje del cubo y la normal. Comentario: cuando la inclinación es fmp, una vista en planta normal a la superficie de la lámina muestra dos de los ángulos de las caras en el vértice iguales, y mayores que el tercer ángulo de las caras en el vértice.

Inclinación compuesta: inclinación de la esquina de cubo que hace que el eje del cubo, uno de los bordes diedros y una normal desde el vértice de la esquina de cubo hasta la superficie de la lámina no queden dispuestos en un plano. Comentario: cuando hay inclinación compuesta, una vista en planta normal a la superficie de la lámina muestra que ningunos dos de los ángulos de las caras en el vértice son iguales.

35 Los conjuntos de esquinas de cubo definidos por medio de tres conjuntos de ranuras en V paralelas y simétricas dirigidas hasta una profundidad igual son esquinas de cubo triangulares. Para estas esquinas de cubo, la forma del triángulo determina la inclinación y la inclinación determina la forma del triángulo. La inclinación se indica por medio de los ángulos en la vista en plana alrededor del vértice del cubo. El solicitante ha hecho las siguientes observaciones con respecto a la inclinación y a la apertura efectiva. La inclinación determina, junto con el índice de refracción del material del prisma, la apertura efectiva para cada pareja de β , ω . Las figuras 18A muestra una esquina de cubo sin inclinación y las figuras 18B – D muestran tres esquinas de cubo triangulares diferentes, teniendo cada una 9,74° de inclinación. Las aperturas efectivas se indican para $\beta = 0^\circ$, ángulo para el que el índice de refracción no tiene efecto. Las esquinas de cubo de inclinación 9,74° tienen una apertura efectiva de entre el 50 % y 53,6 % para $\beta = 0^\circ$, en comparación con el 66,7 % para la esquina de cubo sin inclinación. Los triángulos de las figuras 18A – D están trazados con áreas iguales. Cuando se expresa como una fracción o porcentaje, la “apertura efectiva” tiene el significado del área de la esquina de cubo que puede participar en la retroreflexión dividida entre el área que la esquina de cubo ocupa en el conjunto.

50 Bien por medio de construcción geométrica o bien por medio de la técnica de trazado de rayos, la apertura efectiva se puede determinar para una beta y una omega arbitrarias. Las figuras 19A – F ilustran las observaciones del solicitante relativas a cómo la apertura efectiva de algunas esquinas de cubo de prismas triangulares, con índice de refracción 1,586, cambia con β para cuatro valores de ω diferentes: -90°; 0°; 90°; 180°; la figura 19A para inclinación 0°; la figura 19B para inclinación fmp de 9,74°; la figura 19C para la compuesta de 9,74° de un triángulo de 50°-60°-70°; las figuras 19D y 19E para una emp de 9,74°. Cada una de las figuras 19A – F es para una sola esquina de cubo. Hay un área de la superficie frontal de la lámina que corresponde a todo el prisma de esquina de cubo. El

cálculo de la apertura efectiva fraccional o porcentual se basa en este área proyectada en la dirección de la iluminación, es decir, multiplicada por el coseno de beta.

Las figuras 20A, 20B y 20C son diagramas de Chandler y vistas en planta de las esquinas de cubo inclinadas de las figuras 19B, 19C y 19D&E, respectivamente. La esquina de cubo triangular de la figura 20B no tiene plano de simetría, de manera que no es evidente cómo definir los omegas de 0° y 90°. La esquina de cubo se ha girado para hacer que la rama más gruesa de su diagrama de Chandler se centrara en el omega de 90°. Se ha de notar que la angularidad de entrada es grande cerca de omega 180°, pero no cerca de omega 0°. El otro cubo de la pareja, que se encarga de omega -90°, también se encarga de 180°. Este aprovechamiento de la asimetría es el truco para conseguir una mejor angularidad de entrada con estas esquinas de cubo.

5 Todas las curvas de la figura 19A para la esquina de cubo sin inclinación muestran unas aperturas efectivas que se reducen con el aumento de beta. Cada una de las figuras 19B – F, para las esquinas de cubo inclinadas, tiene al menos una curva que muestra una apertura efectiva que aumenta inicialmente con el aumento de beta. El cubo de fmp 9,74° tiene esto para omega = 90° (figura 19B). El cubo del 50-60-70 tiene esto para omega = 0° y 90° (figura 19C). El cubo de emp 9,74° tiene esto para -90° (en la figura 19D).

15 Los diagramas de Chandler indican para qué valores de β y ω la reflectancia de cara combinada es elevada. Esto es una condición necesaria, pero no suficiente, para una elevada retrorreflectancia. El otro factor es la apertura efectiva. La comparación de las figuras 19A – E y de las correspondientes figuras 20A – C hace posible una valoración rápida de los diseños. En particular, la comparación de las figuras 19D y 19E con la figura 20C revela problemas con la esquina de cubo de emp 9,74°. El diagrama de Chandler limita beta a tan solo 42,8° para omega = -90°. Por lo tanto, se desperdician las aperturas efectivas más elevadas mostradas en la figura 19D. El diagrama de Chandler muestra una beta ilimitada para omega = +90°, mientras que la figura 19D muestra una débil curva de apertura efectiva. El diagrama de Chandler muestra una beta ilimitada también para omegas de -45° y de -135° (indicada como 225°). La figura 19E muestra una débil curva de apertura efectiva para estas dos omegas. La figura 19E muestra una curva de apertura efectiva fuerte para omegas de +45° y de +135°, pero la figura 20C muestra que la TIR está limitada a beta = 19,7° en esas direcciones. La esquina de cubo de emp 9,74° tiene una consideración negativa de entre las esquinas de cubo inclinadas debido a dicha descoordinación entre los dos factores.

La esquina de cubo triangular de inclinación fmp de 9,74° es más afortunada. Su elevada curva de apertura efectiva en la figura 19B es para omega = +90°, omega para la cual el cubo, según la figura 20A, mantiene la TIR para todos los ángulos de entrada. Sus curvas medias de apertura efectiva de la figura 19B son para omega = 0° y 180°, las cuales muestran un mantenimiento medio de la TIR en la figura 20A. Su curva más débil de apertura efectiva en la figura 19B es para omega = -90°, ángulo para el que la TIR se trunca fuertemente según la figura 20A. La omega = -90° será cubierta por el otro cubo de la pareja. El documento de patente de Hoopman n° 4.588.258 describe parejas de esquinas de cubo triangulares de inclinación fmp que tienen un amplio rango de angularidad de entrada para las cuatro omegas: -90°; 0°; 90°; 180°. El solicitante ha observado que esto se debe a la ventajosa coordinación de los dos factores geométricos.

El solicitante ha observado que la interacción más armoniosa de los dos factores geométricos tiene lugar para la esquina de cubo triangular de inclinación compuesta ejemplificada por medio del prisma de 50°-60°-70° de las figuras 19C y 20B. De la misma forma que para las esquinas de cubo de inclinación fmp de las figuras 19B y 20A, la curva más elevada de la figura 19C es para omega = +90°, omega para la cual el cubo, según la figura 20B, mantiene la TIR para todos los ángulos de entrada. También en correspondencia con el ejemplo del cubo de inclinación fmp, la curva más débil de la figura 19C es para omega = -90°, ángulo para el que la TIR se trunca fuertemente según la figura 20B. La esquina de cubo de inclinación compuesta difiere de la esquina de cubo fmp en el hecho de que la figura 19C tiene curvas separadas para omega = 0° y para omega = 180°, baja y elevada, respectivamente, mientras que la figura 19B tiene una única curva media. La figura 20B muestra que la TIR se trunca a $\beta = 34,9^\circ$ para la dirección de omega = 0°, mientras que la TIR se mantiene hasta 72,9° para la omega = 180°. Hay una excelente coordinación entre las figuras 19C y 20B. Las direcciones de omega = -90° y de omega = 0° serán cubiertas por el otro cubo de la pareja. Los documentos de patente de Smith et al. n° 5.822.121 y n° 5.926.314 describen parejas de esquinas de cubo de triángulo escaleno que tienen un amplio rango de angularidad de entrada para las cuatro omegas: -90°; 0°; 90°; 180°.

50 Las láminas retrorreflectantes deben ser delgadas para ser flexibles, de manera que los cubos deben ser pequeños, del orden de los 150 μm a los 750 μm de profundidad. Los cubos de este tamaño difractan la luz dentro de un intervalo de ángulos relevantes para el funcionamiento en la carretera. Por lo tanto, es necesario un análisis de difracción de los diseños ópticos de los cubos en lámina. Pequeñas áreas activas implican grandes patrones de difracción. En general, un diseño en el que un cubo de una pareja de cubos mantiene un área activa grande, mientras que el otro languidece, es preferible a un diseño en el que ambos cubos de una pareja de cubos mantienen áreas activas medias, sumando la misma cantidad que el primer diseño. Por esta y otras razones dadas, el prisma de esquina de cubo triangular de inclinación compuesta es ventajoso con respecto a los tipos fmp y emp.

Las figuras 18A – D y nuevamente las figuras 19A – E muestran que la apertura efectiva para los ejemplos inclinados para $\beta = 0^\circ$ está entre tres cuartos y cuatro quintos de la apertura efectiva de la esquina de cubo sin inclinación para $\beta = 0^\circ$. Dado que la mayoría de los usos de las señales de tráfico tienen β siempre cerca de 0°, esto

es un defecto importante de los ejemplos inclinados. Se puede reducir el defecto para β próxima a 0° por medio de una inclinación mucho menor, es decir, llegando a un compromiso con las esquinas de cubo sin inclinación. Por tanto, el documento de patente de Szczech n° 5.138.488 describe el rendimiento de prismas de esquina de cubo de inclinación fmp $4,3^\circ$. Sin embargo, una inclinación de $4,3^\circ$, con emparejamiento, con un índice de refracción moderado como 1,586, es una inclinación demasiado pequeña como para proporcionar una angularidad de entrada grande en las cuatro direcciones de omega: -90° , 0° ; 90° ; 180° .

La figura 21 es idéntica a la figura 31 del documento de patente de Heenan et al. n° 6.015.214. Muestra una herramienta de dos partes que comprende un conjunto no reglado de esquinas de cubo triangulares. La herramienta se utilizaría de forma repetida muchas veces, en posición contigua por las caras como la marcada como 124, para la realización de una herramienta completa. La superficie frontal de la lámina producida será perpendicular a las líneas mostradas verticales en la figura 21. Suponiendo que las bases triangulares de la figura 21 son equiláteras, y suponiendo que el ángulo x es igual a $9,74^\circ$, entonces, las esquinas de cubo quedan inclinadas de forma alternativa con una fmp de $9,74^\circ$ y con una emp de $9,74^\circ$. No obstante, no se parecen a los triángulos trazados con inclinaciones correspondientes de las figuras 18B y 18D. La figura 22 muestra una vista en planta, normal a la lámina, de las esquinas de cubo fmp y emp alternativas, que resultarían de la herramienta de la figura 21. Cada esquina de cubo tiene una apertura efectiva de $62,7^\circ$ a $\beta = 0^\circ$. Esto tiene una comparación favorable con el 50,0 % para la esquina de cubo reglada de fmp $9,74^\circ$ de la figura 18B y también con el 53,6 % para la esquina de cubo reglada de emp $9,74^\circ$ de la figura 18D. El documento de patente de Heenan et al. n° 6.015.214 no describe ni sugiere estas ventajas en las aperturas efectivas de las esquinas de cubo triangulares de la figura 21. La primera ventaja se debe entender como una consecuencia geométrica de hacer que el borde singular del triángulo fmp sea menos profundo que el resto del triángulo. La segunda ventaja se debe entender como una consecuencia geométrica de hacer que el borde singular del triángulo emp sea más profundo que el resto del triángulo. La profundidad se observa mirando hacia abajo desde la parte superior de la herramienta de la figura 21.

Los documentos de patente de Mimura et al. n° 6.083.607 y n° 6.318.866 B1 describen que si se modifica el trazado de las esquinas de cubo triangulares emp para hacer que la ranura afilada, correspondiente al borde corto del triángulo isósceles, sea de mayor profundidad que las otras dos ranuras, esto, por lo general, hace mejorar la apertura efectiva. El documento de patente de Mimura et al. n° 6.390.629 B1 describe que si se modifica el trazado de las esquinas de cubo triangulares fmp para hacer que la ranura desafilada, correspondiente al borde largo del triángulo isósceles, sea de mayor profundidad que las otras dos ranuras, esto, por lo general, hace mejorar la apertura efectiva.

Las esquinas de cubo hexagonales o rectangulares tienen, por lo general, una apertura efectiva del 100 % a $\beta = 0^\circ$, la cual cae rápidamente con el aumento de β . El documento de patente de Heenan et al. n° 6.015.214 describe el descentrado del vértice en una esquina de cubo hexagonal o rectangular al objeto de hacer mejorar la retrorreflectancia para β grande, a la vez que se sacrifica la retrorreflectancia a β pequeña. El descentrado del vértice no afecta al diagrama de Chandler, pero afecta de forma importante a la apertura efectiva a diferentes β y ω . Las esquinas de cubo triangulares tienen una apertura efectiva relativamente pequeña para β pequeña. Una esquina de cubo triangular sin inclinación tiene solamente una apertura efectiva del 66,7 % para $\beta = 0^\circ$. Las esquinas de cubo triangulares de inclinación más conveniente son aún más débiles para $\beta = 0^\circ$.

El propósito de esta invención es mejorar las aperturas efectivas de las esquinas de cubo triangulares de inclinación más conveniente. El análisis anterior ha identificado éstas como esquinas de cubo triangulares que tienen inclinaciones compuestas, en lugar de las inclinaciones de caras más paralelas o de bordes más paralelos. La técnica para la mejora de la apertura efectiva implica el trazado de las ranuras de definición a tres profundidades diferentes al objeto de desplazar el vértice de la esquina de cubo hacia el centroide del triángulo que describe las trayectorias de las ranuras, todo según se ve en una vista en planta.

45 **Compendio de la invención**

En un aspecto, se proporciona un conjunto de esquinas de cubo según la reivindicación 1. En otro aspecto, se proporcionan unos productos de lámina retrorreflectante según las reivindicaciones 22 y 23.

La invención incluye un conjunto de elementos de esquina de cubo definidos por medio de tres conjuntos de ranuras en V paralelas, formando las direcciones de los tres conjuntos de ranuras tres ángulos, siendo ningunos dos de ellos iguales. Además, cuando el conjunto se ve en planta según una dirección normal al conjunto, las líneas a lo largo de las raíces de las ranuras determinan un patrón de triángulos en el que los vértices de las esquinas de cubo quedan dispuestos a unas distancias del centroide de sus respectivos triángulos que son substancialmente menores que la distancia que hay entre el ortocentro del triángulo y su centroide. Las esquinas de cubo pueden ser esquinas de micro-cubo macho, conformadas en un material transparente y que tienen una segunda superficie substancialmente plana, y de esta forma pueden ser retrorreflectoras de la luz que entra por la segunda superficie. Las esquinas de cubo de la invención están concebidas para ser prismas no metalizados.

En una realización de la invención, las raíces de los tres conjuntos de ranuras en V quedan dispuestas en tres planos paralelos distintos. En otra realización de la invención, los tres conjuntos de ranuras en V no quedan dispuestos en tres planos paralelos, sino que las ranuras de un conjunto son en general de mayor profundidad que

las de un segundo conjunto, las cuales son en general de mayor profundidad que las de un tercer conjunto, siendo la profundidad con respecto a un plano de referencia. En una realización, las profundidades en el conjunto superficial no son de más del 90 % de las profundidades en el conjunto intermedio, las cuales no son de más del 90 % de las profundidades en el conjunto profundo.

- 5 En cada realización, la típica esquina de cubo está definida por medio de tres ranuras en V que tienen diferentes ángulos incluidos. La ranura en V más desafilada está a la profundidad más superficial, la ranura en V intermedia está a la profundidad intermedia, y la ranura en V más afilada está a la mayor profundidad.

- 10 Debido a que las direcciones de las ranuras hacen que ningunos dos ángulos sean iguales, la esquina de cubo tiene una inclinación compuesta deseada, y debido a que las profundidades de las ranuras se hace que sean distintas en la forma descrita, la eficiencia geométrica se aproxima mucho a la de las esquinas de cubo triangulares sin inclinación para los ángulos de entrada más pequeños. La modificación de las tres profundidades de las ranuras puede desplazar el vértice del cubo a cualquier lugar situado dentro del triángulo formado por las líneas de las raíces de las ranuras, todo en vista en planta.

- 15 Con profundidades de las ranuras iguales, el vértice aparece en el ortocentro del triángulo. La invención considera en detalle las eficiencias de desplazar el vértice a lo largo de la línea que va desde el ortocentro del triángulo hasta su centroide. La eficiencia geométrica excede fácilmente el 60 % para un ángulo de entrada de 0° en la mayor parte del segmento de línea. Se consiguen unas excelentes eficiencias para un amplio rango de ángulos de entrada, para los ángulos de orientación requeridos, sin cortes excesivamente profundos, cuando el desplazamiento está entre $1/4$ y $3/4$ de este segmento de línea. Una realización preferida tiene el vértice desplazado a la mitad de la trayectoria que va del ortocentro al centroide.

Los conjuntos de esquinas de cubo inventivos básicos pueden producir una angularidad de entrada muy elevada en las cuatro direcciones más importantes de $\omega = -90^\circ, 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$. Para conseguir una mejor simetría, haciendo énfasis todavía en estos cuatro valores de ω , estos conjuntos se pueden "fijar", ensamblando sub-conjuntos con sub-conjuntos similares que difieren en un giro de 90° , o por medio de unión con una copia exacta.

- 25 Por último, la utilización de tres conjuntos de ranuras en V paralelas, equidistantes y simétricas al objeto de definir las formas de las esquinas de cubo inventivas hace posible que las herramientas maestras se puedan fabricar de forma sencilla y precisa, y la simplicidad de la estructura topográfica en conjunto permite que la lámina retrorrefleora de plástico sea hecha de forma eficiente y rentable.

Breve descripción de los dibujos

- 30 La figura 1 es una vista en perspectiva de una señal de tráfico que tiene una varilla imaginaria que se proyecta desde su centro al objeto de ilustrar el ángulo de entrada β y el ángulo de orientación ω .

La figura 2A es una vista de una esquina de cubo en la dirección de la luz entrante que ilustra cómo el punto de salida C se determina a partir del punto de llegada A.

La figura 2B ilustra el área de la esquina de cubo de la figura 2A que es ópticamente efectiva para la retrorreflexión.

- 35 La figura 2C ilustra cómo la apertura efectiva de una esquina de cubo triangular se puede hallar como la intersección del triángulo de la esquina de cubo girado 180° alrededor del punto del vértice.

La figura 3 es una vista en planta de una esquina de cubo sin inclinación de la técnica anterior, que ilustra las diferentes direcciones de omega desde las que puede entrar un haz de luz incidente.

La figura 4 ilustra un diagrama de Chandler para la esquina de cubo de la técnica anterior de la figura 3.

- 40 La figura 5 ilustra cómo se han dispuesto "en parejas" esquinas de cubo sin inclinación en la técnica anterior al objeto de proporcionar una TIR de gran ángulo entrada para un intervalo de ángulos de orientación ω que incluye -90° y $+90^\circ$.

La figura 6 ilustra los diagramas de Chandler superpuestos para las dos esquinas de cubo de la figura 5 en forma de prismas acrílicos.

- 45 La figura 7 ilustra cómo cambia el diagrama de Chandler para una esquina de cubo prismática sin inclinación en función del índice de refracción de su material.

La figura 8 es una vista en planta de una pareja de esquinas de cubo con inclinación de caras más paralelas de 10° de la técnica anterior.

- 50 La figura 9 es un diagrama de Chandler para las esquinas de cubo ilustradas en la figura 8 en forma de prismas acrílicos.

La figura 10 es un diagrama de Chandler para una pareja de esquinas de cubo de la técnica anterior como las ilustradas en la figura 8, pero con una inclinación de caras más paralelas de $11,3^\circ$, en forma de prismas acrílicos.

La figura 11 es una vista en planta de una pareja de esquinas de cubo de bordes más paralelos de 10° de la técnica anterior.

- 5 La figura 12 es un diagrama de Chandler para las esquinas de cubo ilustradas en la figura 11 en forma de prismas acrílicos.

La figura 13A es una vista en planta de una esquina de cubo triangular de la técnica anterior, en la que las flechas gruesas siguen las alturas del triángulo e indican los ángulos de orientación de la iluminación que, para un ángulo de entrada dado, hacen que los ángulos de incidencia sobre las caras del cubo sean los más pequeños.

- 10 La figura 13B es el diagrama de Chandler para la esquina de cubo de la figura 13A, en la que las flechas se corresponden con las flechas de la figura 13A.

La figura 14 es una vista en planta de una pareja de esquinas de cubo de la técnica anterior de la figura 13A que ilustra la relación de inclinación entre los ejes de los cubos.

La figura 15 es el diagrama de Chandler para la pareja de esquinas de cubo ilustradas en la figura 14.

- 15 La figura 16 es el diagrama de Chandler para las esquinas de cubo de prisma de caras más paralelas de 16° de material de $n = 1,63$.

Las figuras 17A – 17F ilustran la variación continua de las inclinaciones de $11,3^\circ$ desde la de caras más paralelas, pasando por la compuesta, hasta la de bordes más paralelos, y la variación continua de los diagramas de Chandler para los prismas acrílicos correspondientes.

- 20 Las figuras 18A – 18D ilustran cómo varía con la inclinación la apertura efectiva de las esquinas de cubo triangulares regladas de la técnica anterior a incidencia normal.

Las figuras 19A – 19E ilustran como varía la apertura efectiva como una función del ángulo de entrada β a unas ω seleccionadas para la esquinas de cubo triangulares regladas de policarbonato de la técnica anterior sin inclinación, y con inclinación de caras más paralelas de $9,74^\circ$, compuesta de 50-60-70 y de bordes más paralelos de $9,74^\circ$.

- 25 Las figuras 20A, 20B y 20C son los diagramas de Chandler para las esquinas de cubo inclinadas $9,74^\circ$ de las figuras 19B, 19C y 19D&E, respectivamente.

La figura 21 es una vista en perspectiva de una herramienta macho de la técnica anterior que comprende esquinas de cubo triangulares no regladas.

La figura 22 ilustra las aperturas efectivas de dos esquinas de cubo de la figura 21.

- 30 La figura 23 ilustra el teorema 1 de la memoria descriptiva.

La figura 24 ilustra el teorema 2 de la memoria descriptiva.

La figura 25 ilustra cómo para un triángulo no equilátero, el ortocentro es distinto del centroide.

Las figuras 26A y 26B ilustran cómo el vértice de una esquina de cubo definida por un triángulo escaleno puede ser favorablemente desplazado por medio de un trazado a tres niveles.

- 35 La figura 27 es una vista en planta de un conjunto reglado de esquinas de cubo a tres niveles de la invención, que incluye la figura 26B.

La figura 28 es una vista en planta de un conjunto reglado de esquinas de cubo a tres niveles de la invención, con un triángulo de 50° - 60° - 70° y su centroide superpuestos.

La figura 29 es una vista en perspectiva de una parte del conjunto de esquinas de cubo de la figura 28.

- 40 La figura 30A ilustra una esquina de cubo cuasi-triangular de la invención, con un parámetro de desplazamiento $\rho = 0,75$.

La figura 30B ilustra las ocho ubicaciones del vértice para un trazado en el que las ranuras alternan entre profundidades de $\rho = 0,5$ y profundidades de $\rho = 0,75$.

- 45 Las figuras 31A – 31E son gráficas polares de la eficiencia geométrica para toda ω , con β entre 0° y 60° , para conjuntos de esquinas de cubo de la invención, que ilustran la mejora que se obtiene desde $\rho = 0$ hasta $\rho = 0,75$.

Las figuras 32A y 32B son gráficas que resultan de las figuras 31A – 31E, detallando la figura 32A la eficiencia geométrica para los dos valores de ω -90° y $+90^\circ$, y la figura 32B para los dos valores de ω 0° y 180° .

La figura 33 muestra esquemáticamente un conjunto de dos pines que utiliza las esquinas de cubo de 50° - 60° - 70° , con $\rho = 0,5$, de la invención.

- 5 La figura 34 muestra esquemáticamente un conjunto de dos pines que utiliza imágenes especulares de las esquinas de cubo mostradas en la figura 33.

La figura 35 representa gráficamente la eficiencia geométrica, como prismas de policarbonato, de diseños de esquinas de cubo fijadas de la invención como los de las figuras 33 y 34, para el intervalo de ρ desde 0 a 1.

- 10 La figura 36A es una gráfica polar que ilustra la eficiencia geométrica, como prismas de policarbonato, de las estructuras de dos pines de las figuras 33 o 34.

La figura 36B es una gráfica polar que ilustra la eficiencia geométrica, como prismas de policarbonato, de la estructura de cuatro pines que combina las figuras 33 y 34.

La figura 37 es una vista en planta de una única esquina de cubo cuasi-triangular de la realización preferida.

La figura 38 es una vista en planta de un conjunto reglado de esquinas de cubo de la figura 37.

- 15 La figura 39 es un diagrama de Chandler de los dos giros de la esquina de cubo ilustrada en la figura 38.

La figura 40 es una gráfica polar de la eficiencia geométrica para toda ω , con β entre 0° y 60° , para la realización preferida.

Las figuras 41A y 41B son gráficas que ilustran la eficiencia geométrica de la realización preferida con la ranura g_3 en posición vertical en el artículo y con la ranura g_3 girada 10° , respectivamente.

- 20 Las figuras 42A y 42B muestran esquemáticamente conjuntos de cuatro pines de la realización preferida, el primero con la ranura g_3 separada 10° de la vertical o de la horizontal, el segundo con la ranura g_3 en posición vertical u horizontal.

Las figuras 43A y 43B ilustran los diagramas de Chandler que corresponden a los pines de las figuras 42A y 42B.

- 25 La figura 44 es una gráfica que ilustra la eficiencia geométrica de los conjuntos de pines representados esquemáticamente en las figuras 42A y 42B.

Las figuras 45A y 45B son gráficas que ilustran los valores calculados del coeficiente de retrorreflexión de la realización preferida.

Descripción detallada de la invención

Para la explicación de la invención son de utilidad dos teoremas geométricos.

- 30 Teorema 1 (figura 23). Para cualesquiera tres puntos A, B y C de un plano, existe un punto O, y solamente uno, por encima del plano tal que AO, BO y CO son mutuamente perpendiculares. Además, una perpendicular desde O al plano lo corta en el ortocentro del triángulo ABC, es decir, en el punto H en el que se cortan las tres alturas del triángulo ABC.

- 35 Teorema 2 (figura 24). En un plano, si ABC es cualquier triángulo y A'B'C' es el mismo triángulo girado 180° alrededor de algún punto del plano, entonces el mayor área posible de la intersección de los triángulos es $2/3$ del área del triángulo, y esto ocurre únicamente cuando el giro se realiza alrededor del centroide del triángulo ABC, es decir, alrededor del punto G en el que se cortan las tres medianas del triángulo ABC. El centroide del triángulo A'B'C' está en el mismo punto.

- 40 El teorema 1 implica que, siempre que una esquina de cubo triangular es vista en dirección normal al plano del triángulo, los tres bordes diedros de la esquina de cubo resultan ser las tres alturas del triángulo, y el vértice de la esquina de cubo se sitúa en el ortocentro del triángulo. Para las esquinas de cubo triangulares regladas esta vista se corresponde con una iluminación de $\beta = 0^\circ$.

- 45 El teorema 2 implica que al objeto de que las esquinas de cubo triangulares regladas tengan una apertura efectiva grande para una iluminación de $\beta = 0^\circ$, su vértice se debe situar en el centroide del triángulo cuando se ve desde la normal al plano del triángulo.

Para triángulos no equiláteros, el ortocentro es distinto del centroide. La figura 25 muestra el ortocentro H en posición alejada del centroide G para un triángulo que corresponde a una esquina de cubo triangular con inclinación

compuesta. Por lo tanto, el teorema 2 dice que el vértice de la esquina de cubo debe estar situado en algún lugar en el que el teorema 1 dice que no estará situado.

5 Los conjuntos de esquinas de cubo de esta invención son reglados, es decir, se pueden generar por medio del movimiento repetido en línea recta de herramientas con forma a lo largo de trayectorias paralelas a un plano común, denominado plano director. En particular, las herramientas cortan ranuras en V simétricas que definen los conjuntos de esquinas de cubo de esta invención.

10 Los puntos ABCH de la figura 26A, que se corresponden con los de la figura 25 plana, ilustran una esquina de cubo sólida con vértice H. El punto G de la figura 25 vuelve a aparecer en la figura 26A como una nueva posible ubicación para el vértice. La figura 26A ilustra de forma esquemática cómo puede ocurrir que el vértice de una esquina de cubo pueda estar desplazado, a la vez que las tres caras de la esquina de cubo permanecen en posición paralela a sus tres planos originales. El corte de los bordes diedros en el nuevo vértice H parece idéntico al corte de los bordes diedros en el vértice original G. La inclinación compuesta se ha mantenido. Los ángulos A, B y C del triángulo ABC son, respectivamente, 76,9°, 43,9° y 59,2°. La misma herramienta cortadora de la ranura en V de aproximadamente 103,8° que conformó la cara HBC puede conformar una cara como la GKL esquemática por medio del corte a una profundidad menor. La misma herramienta cortadora de la ranura en V de aproximadamente 43,7° que conformó la cara HCA puede conformar una cara como la GLCAJ esquemática por medio del corte a una profundidad mayor. La misma herramienta cortadora de aproximadamente 58,9° que conformó la cara HAB puede conformar una cara como la GJBK esquemática por medio del corte a una profundidad intermedia.

20 La figura 26B ilustra con qué aproximación se realiza la figura 26A esquemática por medio de dicho trazado a tres niveles. Considerando la longitud CB como 1 y el vértice G como a profundidad 0 en la figura 26B, la ranura en V más profunda y más afilada, mostrada a lo largo de CA, tiene una profundidad de 0,809, la ranura en V más superficial y más desafilada, mostrada a lo largo de OL, tiene una profundidad de 0,181, y la ranura en V intermedia, mostrada a lo largo de JM, tiene una profundidad de 0,464. La ranura más profunda y más afilada conforma aparentemente la cara de 5 lados GLCAJ, como en la figura 26A. La ranura en V más superficial y más desafilada no conforma la cara trilateral GKL, como en la figura 26A, sino en su lugar una cara cuadrilátera GNOL. La ranura en V de profundidad intermedia y de anchura intermedia no conforma la cara cuadrilátera GJBK, como en la figura 26A, sino en su lugar la cara cuadrilátera GJMN. Además, hay una faceta MNOB aparentemente cuadrilátera. Esta faceta no pertenece a la esquina de cubo. Ha sido conformada por medio de la mitad opuesta de la herramienta cortadora de la ranura en V más profunda y más afilada que ha conformado la cara GLCAJ cuando ha hecho una ranura diferente, en concreto la situada en el punto B.

Para la esquina de cubo con vértice G de la figura 26B, cada una de las caras del cubo tiene dos bordes diedros y uno o más bordes no diedros. Se ve que el borde más largo de cada cara del cubo es un borde no diedro a lo largo de la raíz de la ranura en V que define esa cara. La expresión "bordes de cara largos" de una esquina de cubo hace referencia a los bordes más largos de cada una de las caras.

35 La figura 27 elimina la artificialidad de ver la esquina de cubo de la figura 26B como triangular al mostrarla dentro de un conjunto ordenado. Ninguno de los vértices del triángulo A, B, C son puntos distinguidos en la vista en planta del conjunto. El triángulo ABC se puede ubicar en el conjunto, estando asociado con la esquina de cubo que tiene el vértice G, pero la cara que tiene el ángulo LGJ en el vértice se extiende más allá del triángulo ABC, y un área MNOB del triángulo no puede participar en la retrorreflexión por parte de la esquina de cubo G, pero participa, aunque débilmente, en la retrorreflexión de la iluminación con ciertos β y ω del cubo vecino que tiene el vértice G'. Las esquinas de cubo de esta invención no son estrictamente triangulares, y se denominan "cuasi-triangulares".

40 Las esquinas de cubo de la invención difieren de las de los documentos de patente de Mimura et al. n° 6.083.607, n° 6.318.866 B1 y n° 6.390.629 B1 en el hecho de tener una inclinación compuesta, en lugar de una inclinación emp o fmp. En consecuencia, ningunas dos de las caras de la esquina de cubo de la invención son congruentes y ningunas dos de las profundidades de la ranura de definición coinciden.

45 El diseño de la esquina de cubo de la figura 26B y la figura 27 tiene una inclinación compuesta muy grande de 17,6°, y se proporciona fundamentalmente al objeto de ilustrar el concepto inventivo del desplazamiento de vértice debido al trazado a tres niveles. La figura 28 ilustra una aplicación similar del método de desplazamiento de vértice a la esquina de cubo de inclinación 9,74° más práctica ilustrada en las figuras 13A, 14, 18C y 20B. Las direcciones de ranurado fueron de 50°, 60° y 70° entre sí, y se eligieron las profundidades de ranurado al objeto de desplazar el vértice del cubo. La figura 28 muestra el conjunto de esquinas de cubo e incluye un triángulo superpuesto de 50°-60°-70°, en el que sus medianas muestran que el vértice fue desplazado al centroide del triángulo.

50 La figura 28 muestra además las direcciones de cada uno de los ejes del cubo. Los vecinos opuestos están en posición adyacente y tienen caras que son los lados opuestos de una ranura en V. El eje de cada esquina de cubo está inclinado con respecto a los ejes de sus tres vecinos opuestos.

La figura 29 es una vista en perspectiva de una parte del mismo conjunto de esquinas de cubo. En el lado izquierdo se ve la ranura más profunda, la ranura intermedia en el derecho, y la ranura más superficial se ve en la parte

superior del medio de la figura 29. La figura 28, como todas las vistas en planta, es una vista del interior de una esquina de cubo, de manera que es una vista a través del lado inferior plano del sólido ilustrado en la figura 29.

5 Por medio de un adecuado trazado a tres niveles, el vértice se puede desplazar a cualquier parte del triángulo. En la presente invención, el desplazamiento es hacia el centroide, pero no necesariamente al centroide. En una vista en planta de una esquina de cubo triangular con la inclinación compuesta deseada, tal como la de la figura 25, se puede trazar una línea recta que une el ortocentro H y el centroide G. La familia de diseños en los que el vértice es desplazado a lo largo de la línea que va desde H a G se parametriza por medio de la fracción ρ . $\rho = 0$ describe el diseño de la técnica anterior sin desplazamiento del vértice. $\rho = 1$ describe el diseño en el que el vértice está desplazado al centroide del triángulo. Se ha descubierto que se prefieren los desplazamientos dentro del intervalo de $\rho = 0,25$ a $\rho = 0,75$ para las inclinaciones compuestas preferidas. Además, se ha descubierto que desplazar el vértice a un punto Q fuera de la línea HG no tiene ventaja o desventaja práctica con respecto a su desplazamiento a un punto que está sobre la línea HG y cerca de Q.

15 La figura 30A muestra la esquina de cubo cuasi-triangular de $\rho = 0,75$ a partir del triángulo de 50° - 60° - 70° . En el espacio, las raíces de las ranuras g_1 , g_2 y g_3 , que están a tres niveles diferentes, no tienen ninguna intersección, incluso cuando se extienden. Pero en la vista en planta de la figura 30A, la raíces extendidas forman el mismo triángulo de 50° - 60° - 70° que el que habrían formado si fueran de igual profundidad. El punto H es el ortocentro, y el punto G el centroide, de este triángulo. En la vista en planta, se ve que el vértice X de la esquina de cubo está desplazado el 75 % de la longitud del segmento de H a G. $\rho = HX/HG = 0,75$.

20 El diagrama de Chandler para el prisma de esquina de cubo de la figura 30A se proporciona, con un giro adecuado, en la figura 13B si el prisma está hecho de acrílico o, con un giro adecuado, en la figura 20B si el prisma está hecho de policarbonato. Los giros son necesarios debido a que, en la figura 30A, el lado más largo del triángulo está a 40° de la vertical en sentido contrario a las agujas del reloj, mientras que en la figura 13A es vertical, y en la figura 20B está a 10° de la vertical en sentido contrario a las agujas del reloj. El diagrama de Chandler es independiente del desplazamiento del vértice.

25 La apertura efectiva depende del desplazamiento del vértice. Las figuras 31A – E muestran cómo la eficiencia geométrica de los prismas de esquinas de cubo cuasi-triangulares y triangulares de 50° - 60° - 70° hechos de policarbonato depende del parámetro de desplazamiento del vértice ρ . La eficiencia geométrica se calcula para un conjunto reglado que incluye dos orientaciones de prismas separadas en 180° . Los triángulos se orientan como se muestra en la figura 20B, o con un giro de 180° . Todos los triángulos tienen sus lados más largos a 10° de la vertical en sentido contrario a las agujas del reloj. En cada una de las figuras 31A – E, la dirección radial representa el ángulo de entrada β desde 0° a 60° , mientras que la dirección circunferencial representa el ángulo de orientación ω . Por lo tanto, las figuras 31A – E tienen el mismo formato que los diagramas de Chandler con la excepción de la limitación en el ángulo de entrada.

35 La eficiencia geométrica es el producto de la apertura efectiva y la reflectancia de cara combinada. La reflectancia de cara combinada es ligeramente más informativa que el diagrama de Chandler debido a que este último únicamente muestra lo que ocurre cuando la reflectancia de cara combinada es del 100 %. La eficiencia geométrica se puede determinar convenientemente por medio de los métodos de la técnica de trazado de rayos, los cuales incorporan la reflexión de Fresnel en las superficies. También se puede determinar por medio del cálculo independiente de la apertura efectiva por el método de la figura 2A y de la reflectancia de cara combinada mediante la aplicación de las ecuaciones de Fresnel a las tres reflexiones internas. Este último cálculo se simplifica al reconocer que el ángulo de incidencia que un rayo de iluminación genera sobre una cara cualquiera de una esquina de cubo, sea alcanzada en primer, segundo o tercer lugar, es igual al ángulo de incidencia que genera en esa cara un rayo paralelo al rayo de entrada y que alcanza esa cara en primer lugar. La polarización se ignora en la determinación de la eficiencia geométrica.

45 Las cinco figuras 31A, 31B, 31C, 31D, 31E son para $\rho = 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1$, respectivamente. Las primeras tres figuras muestran la mejora progresiva de la eficiencia geométrica desde el $\rho = 0$ de la técnica anterior hasta $\rho = 0,25$, y a continuación hasta $\rho = 0,5$. La siguiente figura sugiere una ligera mejora adicional con $\rho = 0,75$. La última figura muestra una disminución con $\rho = 1$. Es decir, $\rho = 1$ no es significativamente mejor que $\rho = 0,75$ para β pequeña, aunque sí es significativamente peor para β grande.

50 Las figuras 31A – E ilustran la importancia del giro de los elementos prismáticos al objeto de obtener una buena angularidad de entrada para las cuatro omegas: $-90^\circ, 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$. El giro de 10° en sentido contrario a las agujas del reloj utilizado para estos ejemplos representa un compromiso en el que la eficiencia geométrica a ángulos de entrada muy grandes para $\omega = \pm 90^\circ$ se consigue a expensas de la eficiencia geométrica a ángulos de entrada algo más pequeños para $\omega = 0^\circ$ y 180° . También se podrían haber elegido otros giros entre aproximadamente 20° en sentido contrario a las agujas del reloj y aproximadamente 20° en el sentido de las agujas del reloj al objeto de llevar a cabo otros compromisos.

Las figuras 32A – B muestran algunos datos de las figuras 31A – E para una comparación cuantitativa. La figura 32A muestra las eficiencias geométricas de las porciones horizontales de las figuras 31A – E, correspondientes a $\omega = -90^\circ$ o $+90^\circ$. La figura 32B muestra la eficiencia geométrica de las porciones verticales de las figuras 31A – E,

correspondientes a $\omega = 0^\circ$ o 180° . Es evidente la gran mejora con respecto a las esquinas de cubo de $\rho = 0$ de la técnica anterior. La ventaja de $\rho = 0,75$ con respecto a $\rho = 1$ es también evidente. $\rho = 0,5$ es, en general, ventajoso con respecto a $\rho = 0,25$. $\rho = 0,75$ y $\rho = 0,5$ son los mejores desplazamientos de vértice de entre los cinco desplazamientos de vértice considerados. La elección entre $\rho = 0,75$ y $\rho = 0,5$ depende de la importancia relativa de los ángulos de entrada pequeños y grandes, respectivamente.

Dado que el rendimiento es mejor en un intervalo de desplazamientos del vértice ρ , y dada la pequeña distancia del vértice a la línea HG sobre la que el ρ definido es inofensivo, es posible aplicar la invención de tal manera que las profundidades de las ranuras dentro de cada conjunto de ranuras no se mantengan constantes. Por ejemplo, las profundidades de la ranuras en cada conjunto podrían variar de forma alternativa entre la profundidad que genera un $\rho = 0,75$ y la profundidad que genera un $\rho = 0,5$. En este ejemplo, un octavo de las esquinas de cubo son versiones de $\rho = 0,75$ y un octavo son versiones de $\rho = 0,5$. Los tres cuartos restantes se componen de seis tipos híbridos, que no tienen situados sus vértices sobre la línea HG. La figura 30B muestra una ampliación de la línea HG de la figura 30A que incluye el punto X de $\rho = 0,75$. El punto Y de la figura 30B es el punto de $\rho = 0,5$. Los seis puntos más pequeños muestran otras ubicaciones del vértice para el trazado a modo de ejemplo que tiene profundidades alternativas en cada conjunto de ranuras.

Mientras que los diseños de esquinas de cubo caracterizados en las figuras 31B – D y 32A – B tienen una buena angularidad de entrada para las cuatro omegas: -90° ; 0° ; 90° ; 180° ; las direcciones no son equivalentes. Ningún prisma de esquina de cubo junto con su pareja girada 180° puede lograr esto. Para aplicaciones en las que se requiere un rendimiento igual en las cuatro direcciones, se puede emplear el viejo truco de “fijar”, denominado últimamente “embaldosar”. La mecánica de la fijación fue descrita en el documento de patente de Montalbano nº 4.460.449, y se utilizó la fijación en la lámina prismática “High Performance Grade” de Stimsonite, comercializada por primera vez en 1.986. Unos modelos reglados, grandes y gruesos que contenían conjuntos de esquinas de cubo idénticos se cortaron en forma de pines cuadrados, los cuales se volvieron a ensamblar, con giros del conjunto de esquinas de cubo, en un nuevo modelo grande y grueso. El resultado fueron unos prismas de esquinas de cubo que tenían más de dos giros en el conjunto final. La figura 33 muestra esquemáticamente un conjunto de dos pines que utiliza los prismas de esquinas de cubo de 50° - 60° - 70° con $\rho = 0,5$ de la presente invención. El pin de la izquierda de la figura 33 tiene la dirección de su ranura más desafilada, a 10° de la vertical en sentido contrario a las agujas del reloj, habiéndose utilizado el mismo giro para las figuras 31A – E. El pin de la derecha de la figura 33 tiene las mismas esquinas de cubo giradas 90° en el sentido de las agujas del reloj, o de forma equivalente en sentido contrario a las agujas del reloj. La eficiencia geométrica de este conjunto fijado de 10° y 100° es la media de las eficiencias geométrica de los pines por separados. La figura 35 muestra la eficiencia geométrica en las cuatro direcciones principales de omega para esta estructura fijada para cada uno de los valores $\rho = 0$ (técnica anterior), $0,25$, $0,5$, $0,75$ y 1 . La figura 35 es exactamente la media de las figuras 32A y 32B. La figura 35 muestra de nuevo que los diseños de $\rho = 0$ (técnica anterior) y $\rho = 1$ son los menos efectivos. El diseño de $\rho = 0,25$ es algo inferior al del $\rho = 0,5$. La elección entre $\rho = 0,5$ y $\rho = 0,75$ depende de la aplicación. La figura 36A muestra la eficiencia geométrica del diseño de $\rho = 0,5$ en esta estructura fijada. La figura 36A se ha de comparar con la figura 31C, que utilizó los mismos prismas sin fijación. La figura 36A tiene simetría con respecto al giro de 90° , pero aún carece de simetría izquierda – derecha. La figura 34 muestra esquemáticamente dos pines con esquinas de cubo de 70° - 60° - 50° que son imágenes especulares de los pines de esquinas de cubo de 50° - 60° - 70° mostrados de forma esquemática en la figura 33. La eficiencia geométrica de la estructura de la figura 34 será la imagen especular de la figura 36A. La unión de los cuatro pines de las figuras 33 y 34 en una única estructura de lámina da lugar a la eficiencia geométrica mostrada en la figura 36B, la cual tiene tanto simetría con respecto al giro de 90° como simetría izquierda – derecha. Las gráficas de la figura 35 se aplican a la estructura de cuatro pines.

A pesar de que consigue la simetría, una estructura fijada también tiene desventajas. Unos pines precisos con extremos reglados son difíciles de fabricar y ensamblar. Hay una inevitable pérdida de retrorreflectancia en los bordes del pin, en los cuales los cubos están truncados o distorsionados. Es realista reducir las eficiencias de las figuras 35, 36A – B multiplicando por 0,95 debido a estas razones.

La tabla siguiente proporciona las dimensiones del trazado para esquinas de cubo de 50° - 60° - 70° a $\rho = 0,25$, $0,5$, $0,75$ y 1 , con la de $\rho = 0$ de la técnica anterior incluida a modo de referencia. Dado que la profundidad de la estructura aumenta con el aumento de ρ , hay una ventaja de fabricación para la ρ más pequeña.

Esquinas de cubo de 50° - 60° - 70° ; área del triángulo = 1							
	V de la ranura	Separación de las ranuras	Profundidad de la ranura por debajo del vértice				
			$\rho = 0$	$\rho = 0,25$	$\rho = 0,5$	$\rho = 0,75$	$\rho = 1$
g_1	$54,57^\circ$	1,458	0,594	0,681	0,768	0,855	0,942
g_2	$67,10^\circ$	1,289	0,594	0,607	0,621	0,635	0,648
g_3	$88,22^\circ$	1,188	0,594	0,548	0,501	0,455	0,409

TABLA 1

Las dos ranuras más desafiladas, g_2 y g_3 , se encuentran en el ángulo más pequeño del triángulo, 50° . Las dos ranuras más afiladas, g_1 y g_2 , se encuentran en el ángulo mayor del triángulo 70° .

Una realización preferida

5 Todos los prismas de esquinas de cubo de 50° - 60° - 70° de policarbonato tienen una caída brusca en su eficiencia geométrica para aproximadamente $\beta = 11^\circ$ a $\omega = \pm 90^\circ$. Esto se debe a la pérdida de TIR en la mitad de las esquinas de cubo, tal y como se muestra en el diagrama de Chandler de la figura 20B. La responsable es la inclinación compuesta relativamente grande de $9,74^\circ$.

10 Los diseños para los que todos los cubos funcionan hasta al menos $\beta = 15^\circ$ para todas las ω son preferibles para las aplicaciones de señales de tráfico. En esta realización preferida de la presente invención se utiliza un diseño de esquina de cubo de 53° - 60° - 67° que tiene una inclinación compuesta de $6,70^\circ$. La tabla 2 proporciona las dimensiones del trazado para esquinas de cubo de 53° - 60° - 67° a $\rho = 0,25, 0,5, 0,75$ y 1 , con la de $\rho = 0$ de la técnica anterior incluida a modo de referencia.

Esquinas de cubo de 53° - 60° - 67° ; área del triángulo = 1							
	V de la ranura	Separación de las ranuras	Profundidad de la ranura por debajo del vértice				
			$\rho = 0$	$\rho = 0,25$	$\rho = 0,5$	$\rho = 0,75$	$\rho = 1$
g_1	$59,35^\circ$	1,413	0,608	0,662	0,717	0,772	0,827
g_2	$68,88^\circ$	1,303	0,608	0,614	0,621	0,627	0,633
g_3	$82,54^\circ$	1,226	0,608	0,572	0,537	0,501	0,466

TABLA 2

15 Para esta realización, el vértice del cubo está desplazado en $\rho = 0,5$. El material del prisma es policarbonato con $n = 1,586$. El conjunto de esquinas de cubo está girado de manera que los lados más largos del triángulo, correspondientes a las ranuras más superficiales y más desafiladas del cubo, indicadas como g_3 en la tabla 2, están dispuestos a 10° de la vertical en el sentido de las agujas del reloj.

20 La figura 37 muestra una única esquina de cubo cuasi-triangular de esta realización preferida. La figura 38 muestra una parte de un conjunto reglado de dichas esquinas de cubo. La figura 39 muestra el diagrama de Chandler de una pareja de dichas esquinas de cubo.

25 Los brazos del diagrama de Chandler para cualquiera de las esquinas de cubo de la figura 39 hacen que los ángulos mutuos sean de aproximadamente $140,0^\circ, 119,1^\circ, 100,9^\circ$. Para la determinación de estos ángulos, consideramos el punto central del brazo a $\beta = 50^\circ$. En el artículo fabricado, las esquinas de cubo están giradas de manera que el brazo que da lugar a los dos ángulos más pequeños está casi alineado con la lámina larga. Esto hace que uno de los otros brazos esté separado aproximadamente unos 10° con respecto a la dirección perpendicular, mientras que el tercer brazo está separado aproximadamente 30° con respecto a la dirección perpendicular.

El diagrama de Chandler de la figura 39 muestra un ángulo de entrada ilimitado en las direcciones $\pm 90^\circ$, y un ángulo de entrada limitado a aproximadamente 57° en la dirección de 0° y 180° . De forma conservadora, el ángulo de entrada útil está limitado de 45° a 50° grados en esta última dirección.

30 La mayor parte de las aplicaciones de señales de tráfico implican un ángulo β en el intervalo de 0° a 15° , con el ángulo ω sin restricción. Una lámina para señal de tráfico que tenga éxito requiere tener todos los cubos funcionando en este intervalo. El diagrama de Chandler de la figura 39 muestra una TIR a lo largo de todo el círculo de 15° . Esta TIR se mantiene por medio de esquinas de cubo de 53° - 60° - 67° siempre que el índice de refracción es de al menos 1,580.

35 El conjunto de la técnica anterior de $\rho = 0$, trazado con los ángulos proporcionados con anterioridad, y con ranuras de profundidad igual, está compuesto de esquinas de cubo triangulares y tiene una eficiencia geométrica del 59,3 % para una incidencia normal. El valor del 59,3 % se debe comparar con la eficiencia geométrica del 66,7 % de las esquinas de cubo equiláteras sin inclinación. En esta realización preferida de $\rho = 0,5$, el vértice está desplazado hasta la mitad de la distancia al centroide. El desplazamiento se lleva a cabo al hacer bastante diferentes las profundidades de las ranuras, a la vez que se dejan sin cambiar todos los ángulos, direcciones y separaciones de las ranuras. De la tabla 2, la ranura más superficial tiene una profundidad del 88 % de la profundidad de las ranuras del conjunto de la técnica anterior correspondiente, la ranura intermedia tiene una profundidad del 102 % de la profundidad de la técnica anterior, y la ranura más profunda tiene una profundidad del 118 % de la profundidad de la técnica anterior.

45 El conjunto resultante de esquinas de cubo cuasi-triangulares a tres niveles tiene una eficiencia geométrica del 64,8 % a incidencia normal, 1,09 veces mayor que la de las esquinas de cubo triangulares de profundidad única. La

ganancia disminuye algo con el aumento del ángulo de entrada, pero la igualdad no se alcanza hasta entre 50 y 55 grados.

5 La figura 40 muestra la eficiencia geométrica de esta realización preferida a lo largo del intervalo completo del ángulo de orientación ω , para un ángulo de entrada β entre 0° y 60° . La figura 41A representa gráficamente los datos de las porciones horizontal y vertical de la figura 40. De la figura 41A, a $\beta = 50^\circ$, la realización tiene una eficiencia geométrica del 24,8 % en las direcciones de ω de $\pm 90^\circ$, y del 16,5 % en las direcciones de ω de 0° y 180° .

El solicitante no tiene conocimiento de otro conjunto de esquinas de cubo regladas que esté compuesto de triángulos o cuasi-triángulos en un material de $n = 1,586$, que combine las tres características descritas de esta realización preferida:

- 10
1. Todos los cubos tienen TIR a $\beta = 15^\circ$ para toda ω .
 2. Eficiencia geométrica a $\beta = 0^\circ$ por encima del 64 %.
 3. Eficiencia geométrica a $\beta = 50^\circ$, para $\omega = -90^\circ, 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$, por encima del 16 %.

15 Se debe comprender que esta realización preferida incluye compromisos de diseño. Por ejemplo, sin el giro de 10° , la figura 41B reemplazaría a la figura 41A. La comparación de las figuras 41A y 41B muestra que el giro de 10° mejoró substancialmente la eficiencia geométrica para $\beta = 50^\circ$ en las direcciones de ω de 0° y 180° , pero redujo substancialmente la eficiencia geométrica para $\beta = 35^\circ$ en las direcciones de ω de 0° y 180° . Los usuarios de esta invención apreciarán que el diseño del retrorreflector implica a menudo unos compromisos difíciles, que implican a menudo compensaciones de β y ω . Tal y como se ha descrito con anterioridad, la utilización de cuatro pines puede hacer simétrico el funcionamiento. La figura 42A muestra las esquinas de cubo representativas, con giro de 10° , en cada uno de los cuatro pines. La figura 42B muestra las esquinas de cubo representativas, sin giro, en cada uno de los cuatro pines. Para estructuras de cuatro pines, las dos curvas de la figura 41A se convierten en una única curva promedio, y además las dos curvas de la figura 41B se convierten en una única curva promedio. La figura 44 muestra las dos curvas resultantes de eficiencia geométrica. Después de la fijación, los dos diseños son más equivalentes aproximadamente, pero permanecen algunas compensaciones de $\beta = 35^\circ$ frente a $\beta = 50^\circ$. Se ha de notar que las curvas de eficiencia geométrica de la figura 44 no tienen en cuenta la reducción estimada a 0,95 veces debida a las pérdidas por fijación. Se ha de notar además que los datos para estas comparaciones se han recopilado a intervalos de 5° en β y de 10° en ω . Las figuras 43A y 43B muestran los diagramas de Chandler correspondientes a cada uno de los pines mostrados en las figuras 42A y 42B.

20 Se espera que las esquinas de cubo de esta invención sean esquinas de micro-cubos, que en el estado de la técnica actual se conforman mejor mediante reglado. Las raíces de las tres ranuras que definen cada esquina de cubo cuasi-triangular de esta invención no tienen, por lo general, intersecciones, pero las líneas que discurren a lo largo de las raíces de las ranuras determinan un triángulo cuando se ven en planta según una dirección perpendicular al plano de trazado. El área de este triángulo es de menos de aproximadamente $0,3 \text{ mm}^2$ para esquinas de micro-cubos. Normalmente, el área del triángulo está en el intervalo de entre aproximadamente $0,007 \text{ mm}^2$ y

35 aproximadamente $0,07 \text{ mm}^2$.

Quedan dos factores ópticos para describir una realización: el tamaño de los elementos ópticos y las aberraciones de los elementos. El tamaño se debe especificar debido a que los prismas de esquinas de cubo son suficientemente pequeños como para que sus características de difracción afecten de forma significativa a la retrorreflectancia. La eficiencia geométrica depende del área de apertura efectiva con respecto al área total de la estructura. La eficiencia de la difracción depende del área absoluta y de la forma de la apertura efectiva. El tamaño del elemento y la aberración se deben elegir según la aplicación prevista para la lámina. Las esquinas de cubo de la presente invención están concebidas para señales de tráfico y aplicaciones laminares similares. La lámina de una señal de tráfico, fundamentalmente para una retrorreflexión de larga distancia, tendrá unos prismas relativamente grandes, con áreas de los triángulos mayores que $0,03 \text{ mm}^2$, y pequeñas aberraciones al objeto de producir un haz de luz retrorreflejada estrecho, quizás con una especificación de solamente $0,5^\circ$ de divergencia. La lámina de señal de tráfico concebida para una retrorreflexión de corta distancia debe tener aberraciones intencionadas para dispersar la luz retrorreflejada en un haz de mayor anchura, quizás con una especificación de 2° de divergencia. Por lo tanto, es conveniente y económico hacer los prismas más bien pequeños, con áreas triangulares de menos de $0,015 \text{ mm}^2$, y permitir que la difracción realice parte de la dispersión. Esto evita una reducción intencionada en el centro del haz, aunque hay poco que ganar de esa estrategia. Los niveles esperados de intensidad del haz retrorreflejado a través de un haz de 2° de divergencia son 1/4 de los niveles a través de un haz de $0,5^\circ$ de divergencia de forma similar. Por lo tanto, el diseño de una lámina de señal de tráfico de corta distancia es mucho más difícil que el diseño de una lámina de señal de tráfico de larga distancia. A pesar de que la elevada eficiencia geométrica de las esquinas de cubo de la presente invención las hace adecuadas para una lámina de señal de tráfico de corta distancia, esta realización preferida es una lámina de señal de tráfico de media distancia, destinada a la mayoría de las señales de tráfico.

Esta realización preferida es un trazado de esquinas de cubo cuasi-triángulos de 53° - 60° - 67° , con desplazamiento del eje de $p = 0,5$, y área triangular de $0,015 \text{ mm}^2$. El hecho de que el área triangular sea de $0,015 \text{ mm}^2$ implica que

ES 2 663 376 T3

todas las dimensiones lineales adimensionales de la tabla 2 se deben multiplicar por $\sqrt{0,015\text{mm}^2} = 0,1225 \text{ mm}$ para obtener las dimensiones de trazado de la tabla 3.

	V de la ranura	Separación de las ranuras	Profundidad de la ranura
g_1	$59,35^\circ$	0,173 mm	0,088 mm
g_2	$68,88^\circ$	0,160 mm	0,076 mm
g_3	$82,54^\circ$	0,150 mm	0,066 mm

TABLA 3

5 Los usuarios de esta invención obtendrán un cálculo más preciso para la V de la ranura y la separación de la ranuras que las proporcionadas en la tabla 3. No obstante, la profundidad de la ranura no es crítica. Un error de 0,001 mm en la profundidad de la ranura da lugar a un pequeño error en ρ o a una pequeña desviación del vértice con respecto a la línea HG, los cuales se pueden admitir.

10 Los métodos para la introducción de aberraciones en las esquinas de cubo durante el trazado son bien conocidos en la técnica a partir del documento de patente de Appeldorn nº 4.775.219. La solicitud de patente de EE.UU. en tramitación de número de serie 10/167.135, presentada el 11 de junio de 2002, que reivindica el beneficio de la de número de serie 60/297.394, presentada el 11 de junio de 2001, describe otros métodos. Otro método más para la introducción de aberraciones en las esquinas de cubo durante el proceso de fabricación de la herramienta, descrito en una solicitud de patente de EE.UU. en tramitación presenta el 12 de diciembre de 2002, de título "Retroreflector with Controlled Divergence Made by the Method of Localized Substrate Stress", se emplea en la presente realización preferida. Se supone que la lámina está estampada en policarbonato transparente incoloro por medio de los métodos descritos en el documento de patente de Pricone et al. nº 4.486.363, utilizando herramientas fabricadas mediante los métodos descritos en el documento de patente de Pricone nº 4.478.769 y conteniendo las esquinas de cubo descritas en la tabla 3, modificadas con aberraciones similares en escala y distribución a las descritas en la solicitud del 12 de diciembre de 2002. En concreto, el ángulo diedro promedio es de 1,0 minutos de arco y la desviación estándar es de 7,3 minutos de arco.

15 En el momento de esta solicitud, sólo se han calculado coeficientes de retrorreflexión, R_A , para una lámina. Los cálculos incluyen los efectos de la polarización y la difracción según los métodos de Edson R. Peck ("Polarization Properties of Corner Reflectors and Cavities", Journal of the Optical Society of America, volumen 52, número 3, marzo de 1962). Se ignora la retrorreflexión que involucra múltiples cubos. Se permite una reducción de R_A del 30 % para el área no retrorreflejante de las soldaduras de las láminas no metalizadas y se permite un 10 % adicional para defectos en las herramientas, en los materiales y en la fabricación.

20 Las figuras 45A y 45B muestran el coeficiente de retrorreflexión calculado de esta realización preferida, tal y como éste se mediría según el estándar ASTM E 810-02 Standard Test Method for Coefficient of Retroreflection of Retroreflective Sheeting Utilizing the Coplanar Geometry. La figura 45A es para un ángulo de entrada de $\beta = 4^\circ$ y la figura 45B es para un ángulo de entrada de $\beta = 30^\circ$.

25 R_A mide la intensidad luminosa de la luz retrorreflejada con respecto a la iluminancia perpendicular proporcionada por el haz de iluminación, para un metro cuadrado de lámina. El método de prueba ASTM mide esta intensidad según diferentes ángulos de divergencia α en el plano que contiene la dirección de la iluminación y la normal a la superficie de la lámina. El ángulo ε del método de prueba ASTM E 810-02 es igual al ángulo de orientación ω . Todos los ángulos de retrorreflexión están explicados en el estándar ASTM E 808-01 Standard Practice for Describing Retroreflection. El ángulo ω de esta solicitud se indica como " ω_s " en el documento ASTM.

30 La tabla 4, que resulta de las figuras 45A y 45B, proporciona los valores calculados de R_A de la lámina de esta realización preferida en los 16 puntos de prueba angular requeridos en el estándar ASTM D 4956-02 Standard Specification for Retroreflective Sheeting for Traffic Control.

	α	β_1	β_2	ε	R_A
1	$0,1^\circ$	-4°	0°	0°	917
2	$0,1^\circ$	-4°	0°	90°	859
3	$0,1^\circ$	30°	0°	0°	594
4	$0,1^\circ$	30°	0°	90°	437
5	$0,2^\circ$	-4°	0°	0°	561
6	$0,2^\circ$	-4°	0°	90°	493
7	$0,2^\circ$	30°	0°	0°	376
8	$0,2^\circ$	30°	0°	90°	329
9	$0,5^\circ$	-4°	0°	0°	377
10	$0,5^\circ$	-4°	0°	90°	422
11	$0,5^\circ$	30°	0°	0°	276

	α	β_1	β_2	ε	R_A
12	0,5°	30°	0°	90°	139
13	1,0°	-4°	0°	0°	103
14	1,0°	-4°	0°	90°	95
15	1,0°	30°	0°	0°	82
16	1,0°	30°	0°	90°	45

TABLA 4

5 Los expertos en la técnica apreciarán que la realización preferida anterior es únicamente ilustrativa de la invención, y que son posibles muchas modificaciones y variaciones sin salirse del alcance y el espíritu de la invención. Se espera que las señales de tráfico obtenidas a partir de las láminas hechas según la invención retrorreflejen eficientemente los faros delanteros del vehículo por la noche y que sean brillantes durante el día debido a la luz del sol y a la luz del cielo.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de esquinas de cubo, teniendo cada una de ellas unas caras (1, 2, 3; ABO; BCO; ACO; JMNG, OLGN, AJGLC) configuradas para una reflexión interna total y estando sus bordes de cara largos (g_1, g_2, g_3 ; LO, JM, AC) mutuamente inclinados, definidas por medio de tres conjuntos, S1, S2, S3, de ranuras en V simétricas, de manera que en cada conjunto las ranuras son paralelas y equidistantes, y de manera que hay un plano de referencia tal que las raíces de las ranuras del conjunto S1 están en general más alejadas del plano de referencia que las raíces de las ranuras del conjunto S2, las cuales están en general más alejadas del plano de referencia que las raíces de las ranuras del conjunto S3, y teniendo dichas esquinas de cubo una inclinación compuesta.
2. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 1, en el que dichas esquinas de cubo son macho y están conformadas en un material transparente que tiene una segunda superficie substancialmente plana (ABC), siendo dichas esquinas de cubo retrorreflectantes de la luz que entra por la segunda superficie.
3. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 1, en el que los ejes de cada una de dichas esquinas de cubo está inclinado con respecto a los ejes de sus tres vecinos opuestos.
4. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 3, en el que cada dos esquinas de cubo son geoméricamente congruentes.
5. El conjunto de esquinas de cubo definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que ningunas dos parejas de líneas alineadas con las raíces de dichos tres conjuntos de ranuras en V forman el mismo ángulo cuando el conjunto de esquinas de cubo se ve en planta.
6. El conjunto de esquinas de cubo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los vértices (O) de las esquinas de cubo quedan dispuestos en un plano y los bordes de cara largos (LO, JM, AC) quedan dispuestos en tres planos.
7. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 6, en el que los cuatro planos mencionados son paralelos al plano de referencia, y el plano de un conjunto de bordes de cara largos (LO) está a una distancia del plano de los vértices que es igual o menor que el 90 % de la distancia a la que está un segundo conjunto de bordes de cara largos (JM), el cual, a su vez, está a una distancia del plano de los vértices que es igual o menor que el 90 % de la distancia a la que está el tercer conjunto de bordes de cara largos (AC).
8. El conjunto de esquinas de cubo según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que las direcciones (AB, BC, AC) de dichos tres conjuntos de ranuras forman tres ángulos diferentes (A, B, $180^\circ - A - B$), y en el que, cuando se ven en planta según una dirección normal al conjunto, las líneas a lo largo de las raíces de dichas ranuras determinan un patrón de triángulos en el que las proyecciones (X) de los vértices de las esquinas de cubo quedan dispuestas a unas distancias del centroide (G) de sus respectivos triángulos que son substancialmente menores que la distancia que hay entre el ortocentro (H) de dicho triángulo y su centroide (G).
9. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 8, en el que las esquinas de cubo son esquinas de micro-cubo.
10. El conjunto de esquinas de cubo definido en las reivindicaciones 2 y 9, en el que la distancia desde la proyección (X) del vértice al centroide (G) es igual o inferior al 75 % de dicha distancia desde el ortocentro (H) al centroide (G).
11. El conjunto de esquinas de cubo definido en las reivindicaciones 2 y 9, en el que cada una de las esquinas de cubo está inclinada entre 4° y 16° .
12. El conjunto de esquinas de cubo definido en las reivindicaciones 2 y 9, en el que las direcciones (AB, BC, AC) de los conjuntos de ranuras forman ángulos diferentes entre sí en al menos 5° .
13. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 12, en el que la distancia desde el vértice al centroide es igual o menor que el 75 % de dicha distancia desde el ortocentro al centroide.
14. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 13, en el que las esquinas de cubo, en general, tienen una apertura efectiva de al menos el 60 % para una iluminación incidente normal.
15. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 13, en el que un índice de refracción de dicho material transparente está entre 1,40 y 1,80.
16. El conjunto de esquinas de cubo retrorreflectantes compuesto de una pluralidad de sub-conjuntos distinguibles, de los que al menos dos son según se define en la reivindicación 13.

17. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 16, en el que los diagramas de Chandler de algunos de los subconjuntos son idénticos a los diagramas de Chandler de otros de los subconjuntos, a excepción de un giro de 90° .
- 5 18. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 16, en el que los diagramas de Chandler de algunos de los subconjuntos son idénticos a los diagramas de Chandler de otros de los subconjuntos, a excepción de que son imágenes especulares.
19. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 13, en el que el índice de refracción de dicho material transparente es de al menos 1,58, y en el que todas las esquinas de cubo retrorreflejan con tres reflexiones internas totales para todos los ángulos de entrada β de hasta 15° para todos los ángulos de orientación ω .
- 10 20. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 19, en el que las esquinas de cubo tienen una apertura efectiva de al menos el 64 % para una iluminación incidente normal.
21. El conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 20, en el que la eficiencia geométrica es de al menos el 16 % a $\beta = 50^\circ$ para cuatro valores del ángulo de orientación ω que están separados 90° .
- 15 22. Un producto de lámina retrorreflectante que comprende el conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 9, en el que las áreas de los triángulos son de $0,1 \text{ mm}^2$ o menores.
23. Un producto de lámina retrorreflectante que comprende el conjunto de esquinas de cubo definido en la reivindicación 21, y que tiene dos de los cuatro dichos ángulos de orientación ω alineados con la dirección de la banda continua de la lámina.

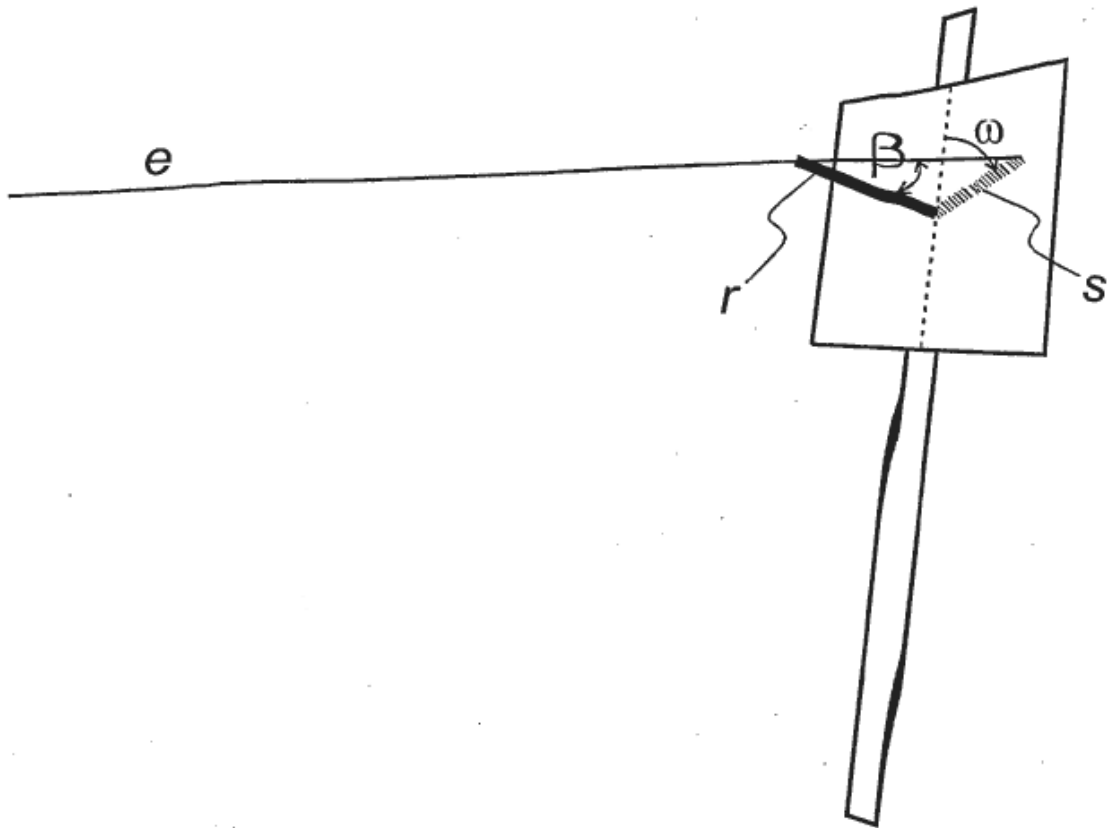


Figura 1

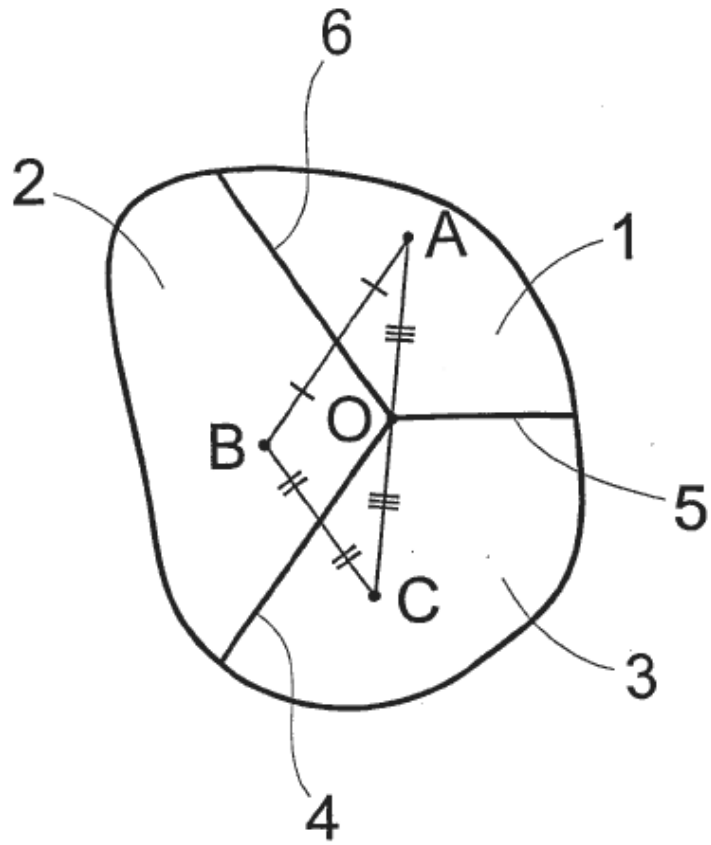


Figura 2A

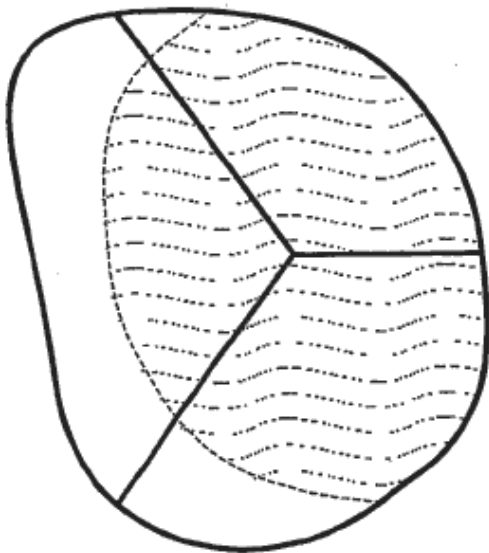


Figura 2B

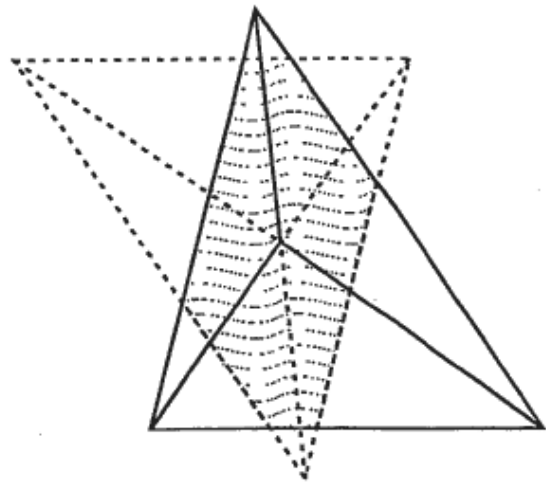


Figura 2C

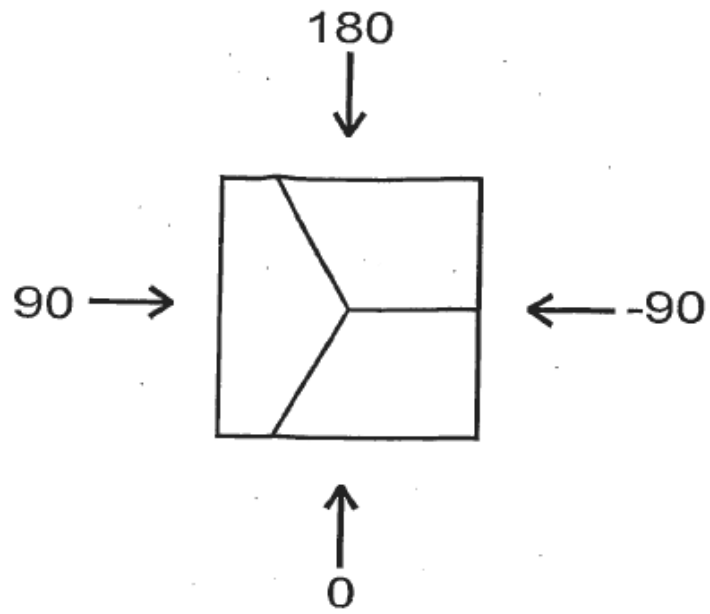
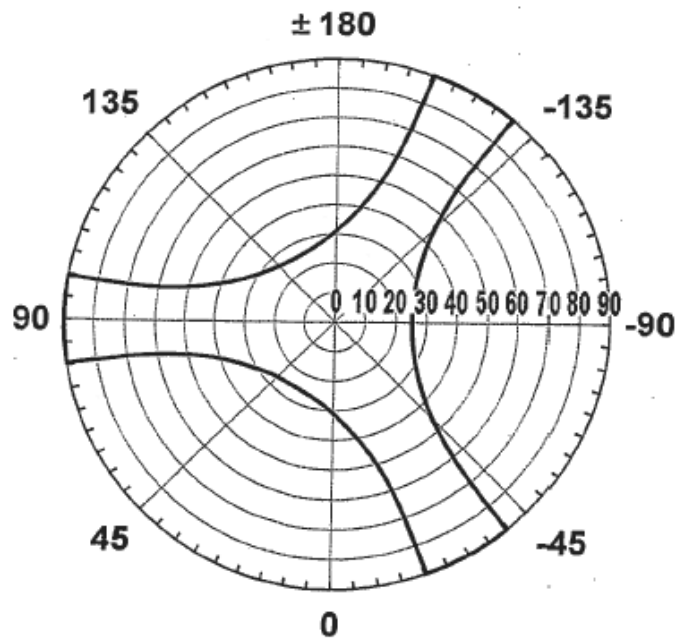


Figura 3



Inclinación 0° , $n = 1,586$

Figura 4

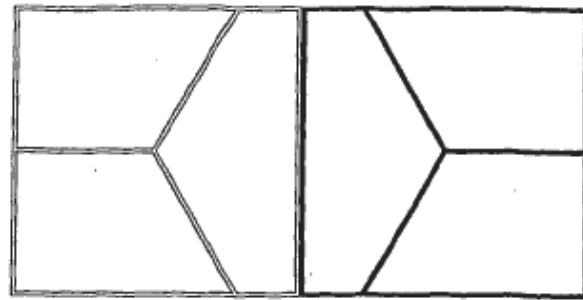
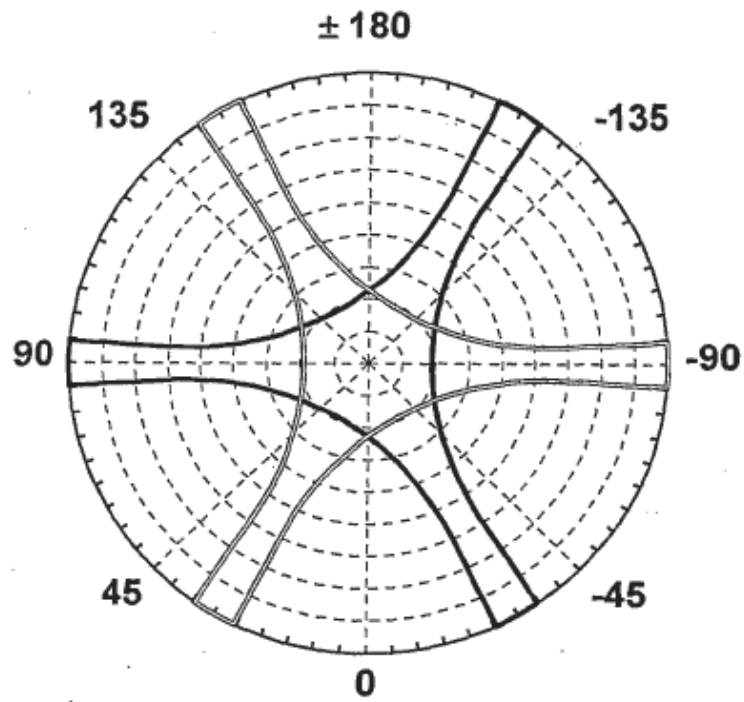
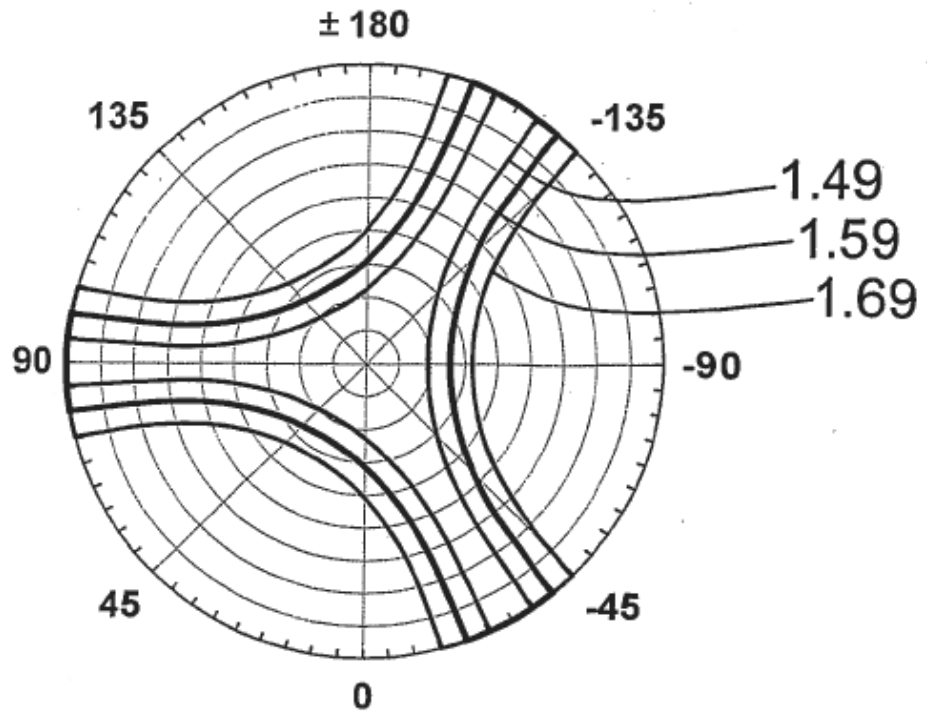


Figura 5



Inclinación 0° , $n = 1,49$

Figura 6



Inclinación 0°, n = 1,49, 1,59, 1,69

Figura 7

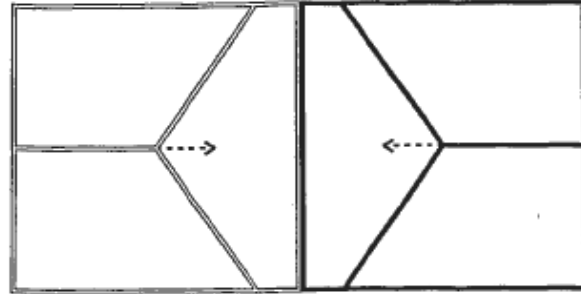
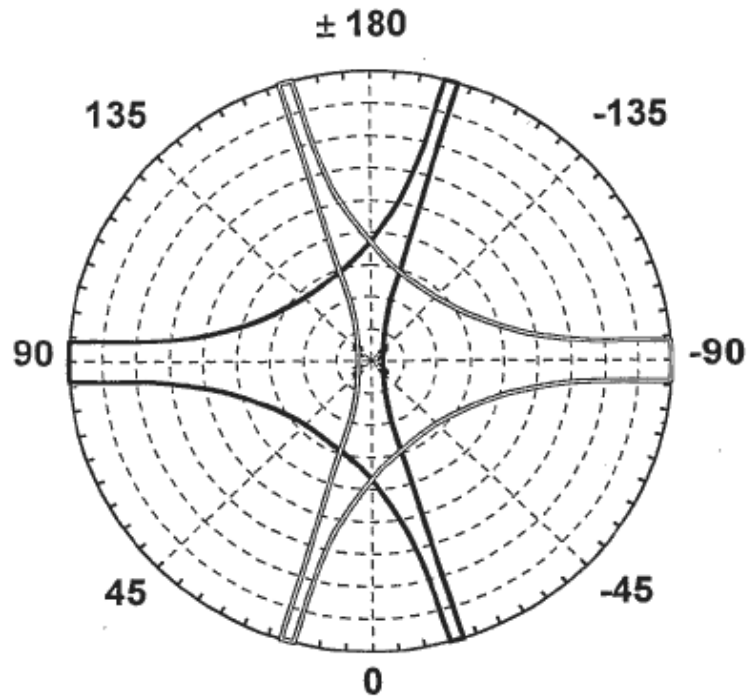
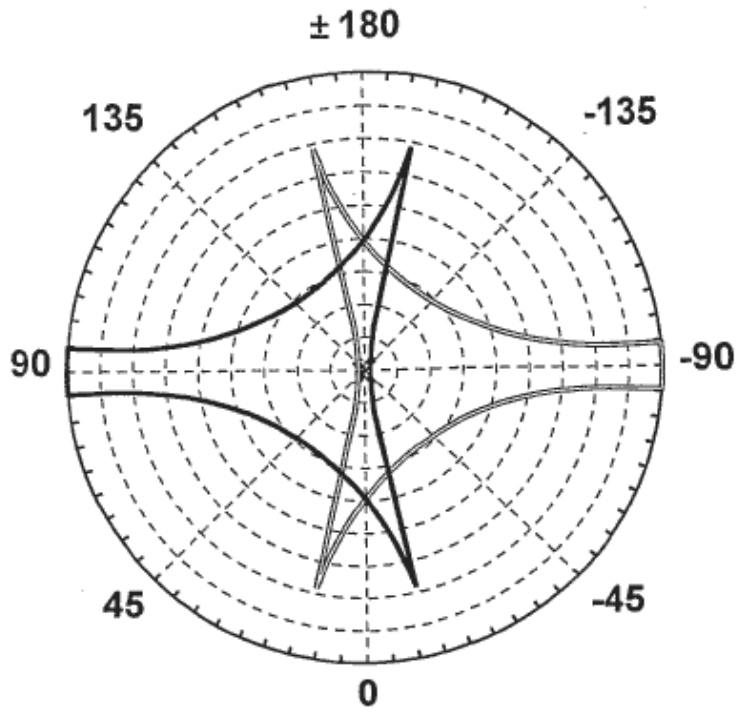


Figura 8



Inclinación fmp de 10° , $n = 1,49$

Figura 9



Inclinación fmp de $11,3^\circ$, $n = 1,49$

Figura 10

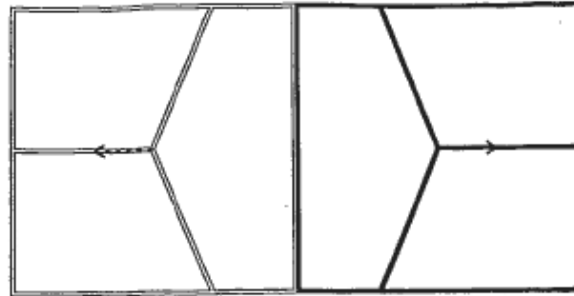
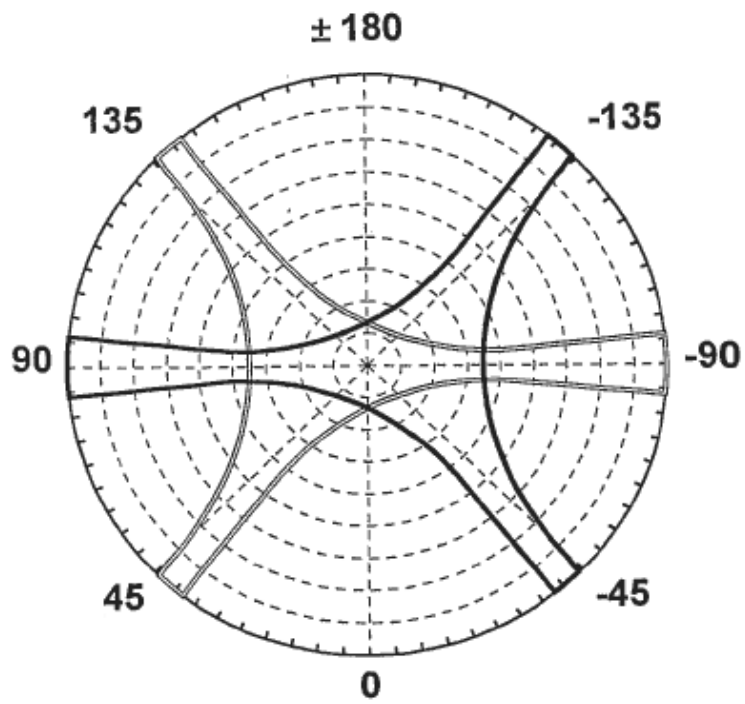


Figura 11



Inclinación emp de 10° , $n = 1,49$

Figura 12

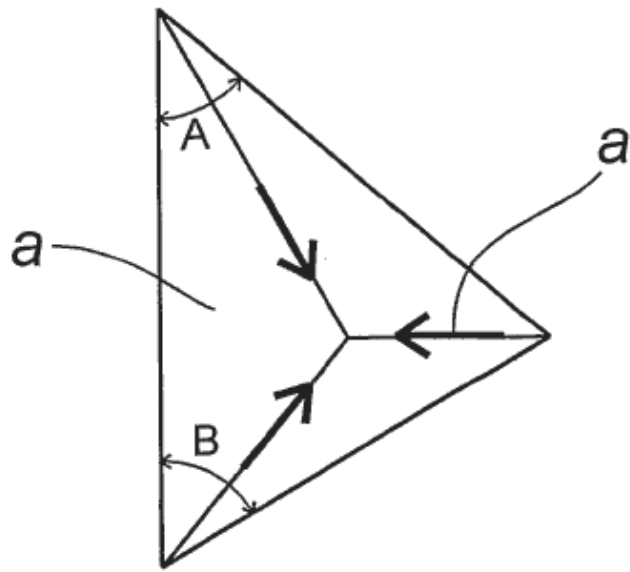


Figura 13A

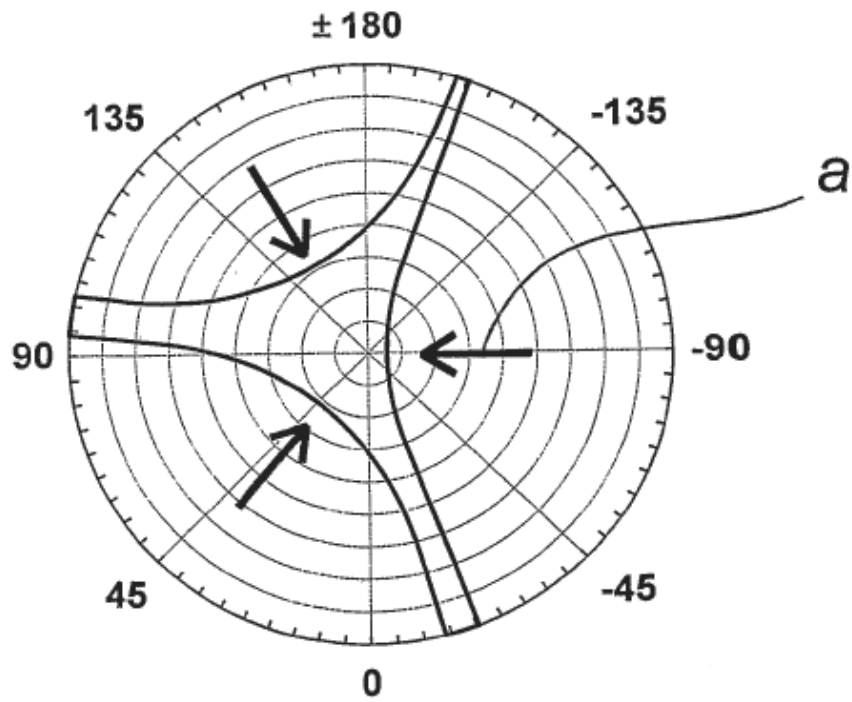


Figura 13B

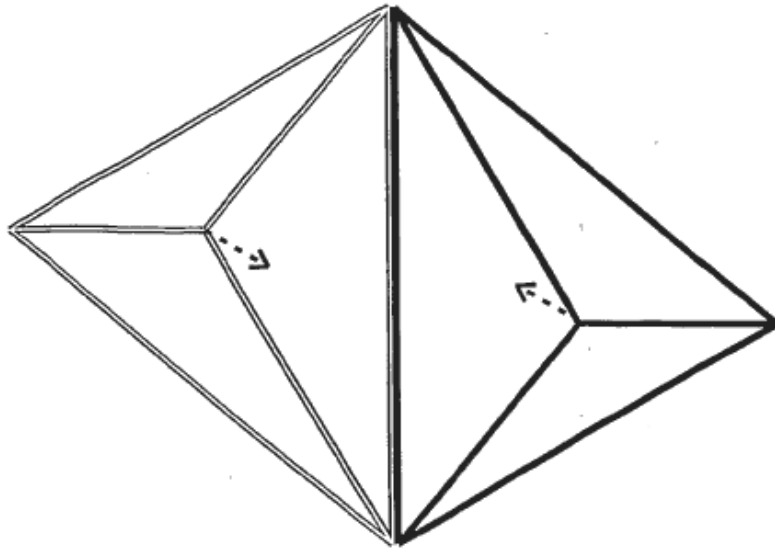
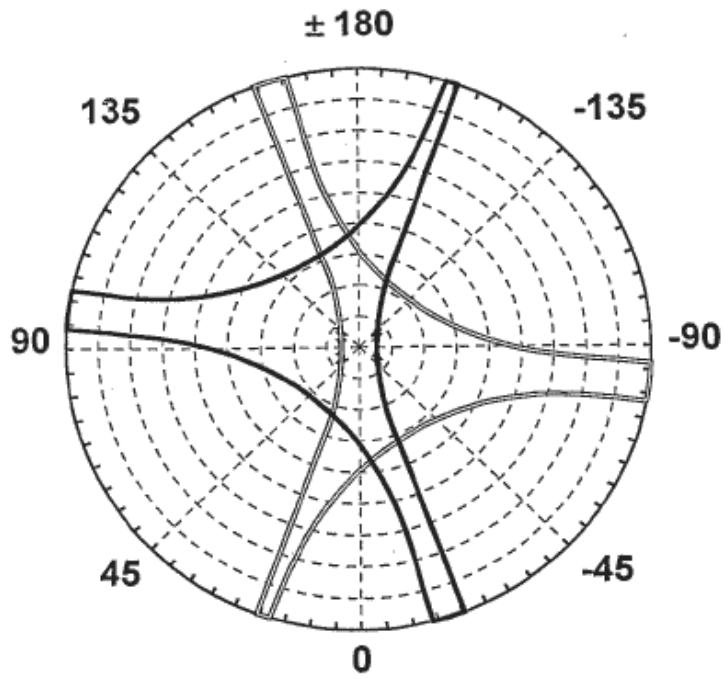
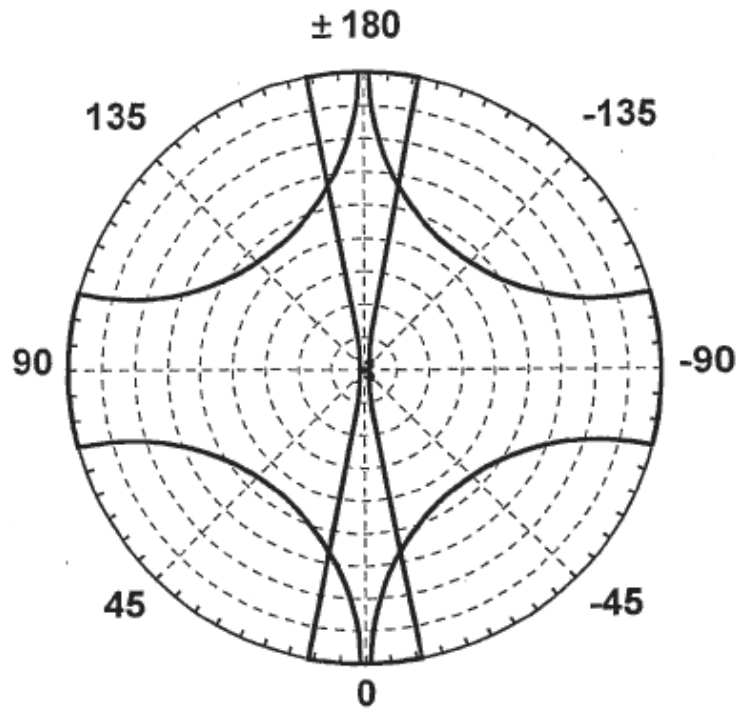


Figura 14



50°-60°-70°, n = 1,49

Figura 15



Inclinación fmp de 16° , $n = 1,63$

Figura 16

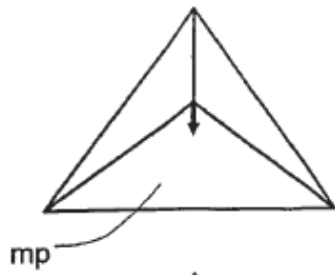


Figura 17A
Triángulo de 54° - 54° - 72°
 126° - 126° - 108° alrededor del vértice

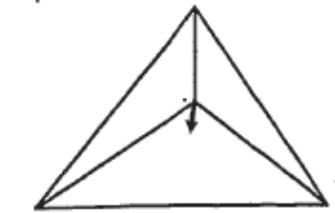
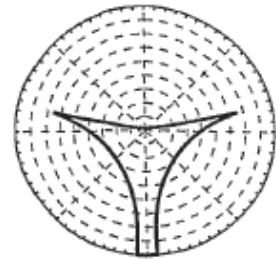


Figura 17B
Triángulo de 52° - $56,05^{\circ}$ - $71,95^{\circ}$
 128° - $123,95^{\circ}$ - $108,05^{\circ}$ alrededor del vértice

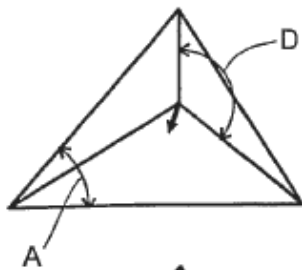
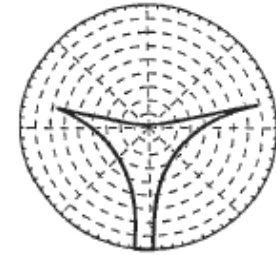


Figura 17C
Triángulo de 50° - $58,24^{\circ}$ - $71,76^{\circ}$
 130° - $121,76^{\circ}$ - $108,24^{\circ}$ alrededor del vértice

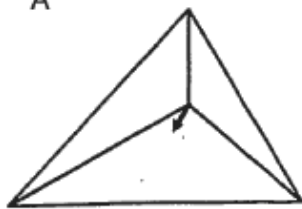
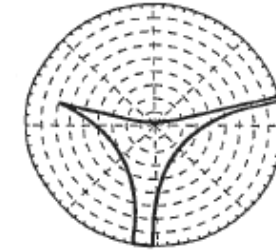


Figura 17D
Triángulo de 48° - $60,61^{\circ}$ - $71,39^{\circ}$
 132° - $119,39^{\circ}$ - $108,61^{\circ}$ alrededor del vértice

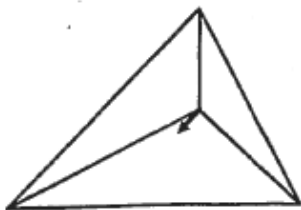
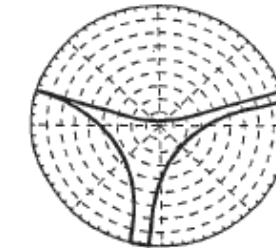


Figura 17E
Triángulo de 46° - $63,34^{\circ}$ - $70,66^{\circ}$
 134° - $116,66^{\circ}$ - $109,34^{\circ}$ alrededor del vértice

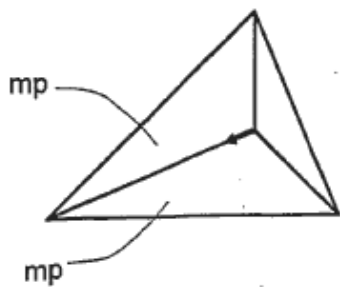
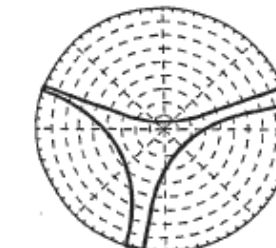
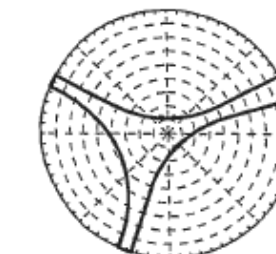


Figura 17F
Triángulo de $44,16^{\circ}$ - $67,92^{\circ}$ - $67,92^{\circ}$
 $135,84^{\circ}$ - $112,08^{\circ}$ - $112,08^{\circ}$ alrededor del vértice



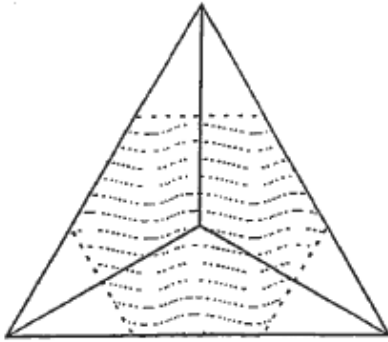


Figura 18A
Inclinación 0°
Apertura efectiva del 66,7 % a $\beta = 0^\circ$

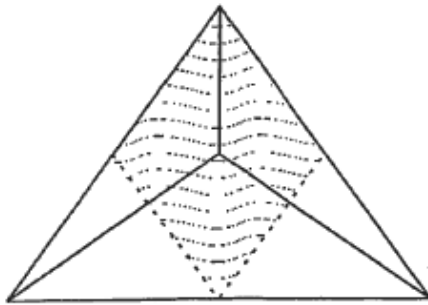


Figura 18B
Inclinación $9,74^\circ$ — caras más paralelas
Apertura efectiva del 50 % a $\beta = 0^\circ$

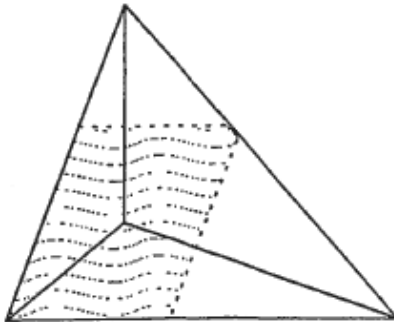


Figura 18C
Inclinación $9,74^\circ$ -- triángulo de $50^\circ-60^\circ-70^\circ$
Apertura efectiva del 51,1 % a $\beta = 0^\circ$

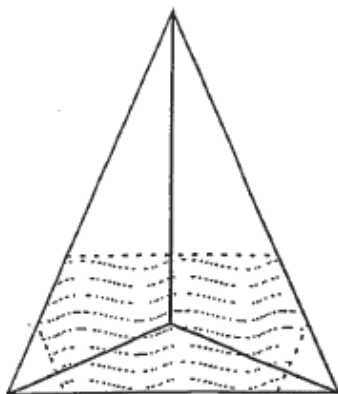


Figura 18D
Inclinación $9,74^\circ$ -- bordes más paralelos
Apertura efectiva del 53,6 % a $\beta = 0^\circ$

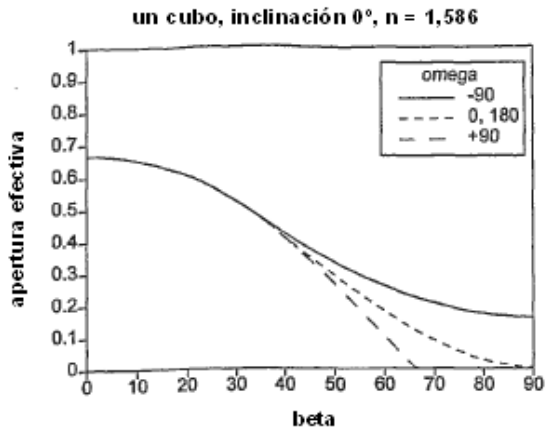


Figura 19A

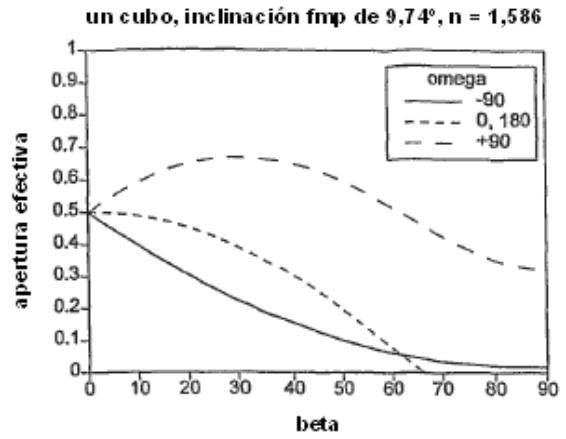


Figura 19B

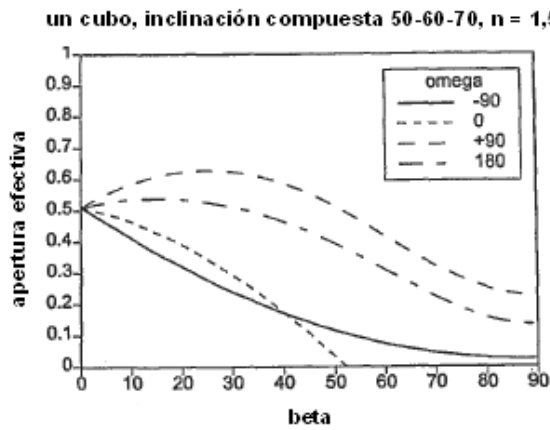


Figura 19C

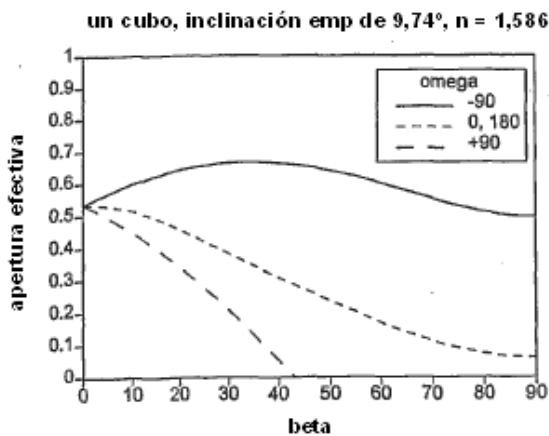


Figura 19D

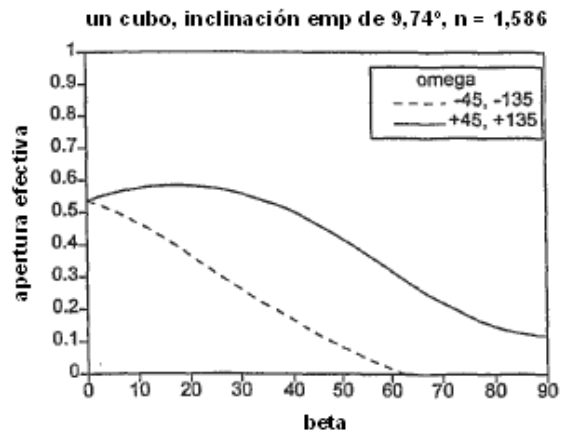


Figura 19E

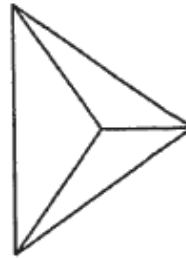
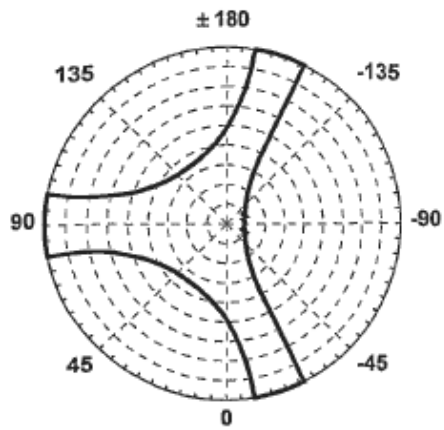


Figura 20A

Inclinación fmp de 9,74°, n = 1,586

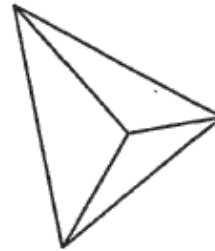
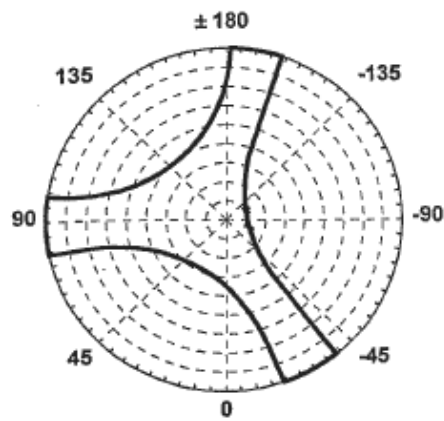


Figura 20B

50°-60°-70°, n = 1,586

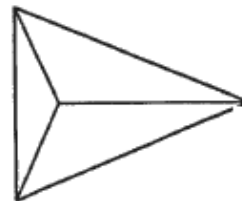
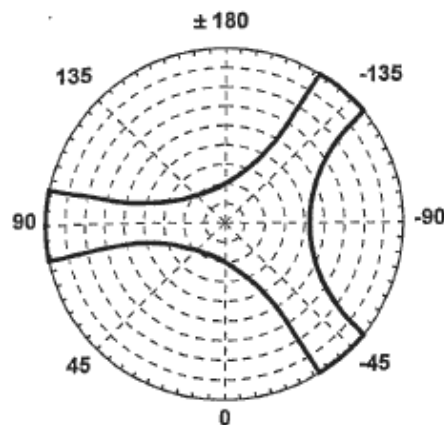


Figura 20C

Inclinación emp de 9,74°, n = 1,586

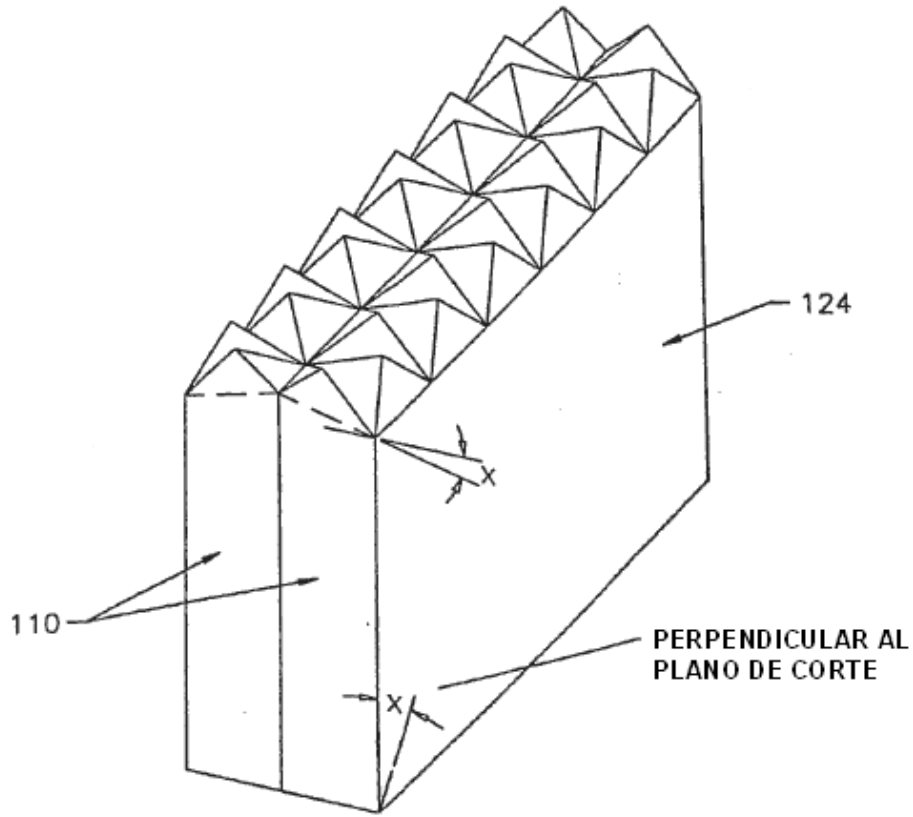


Figura 21

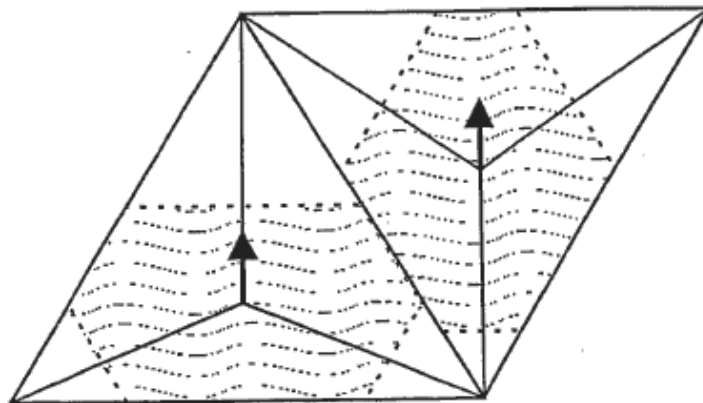


Figura 22

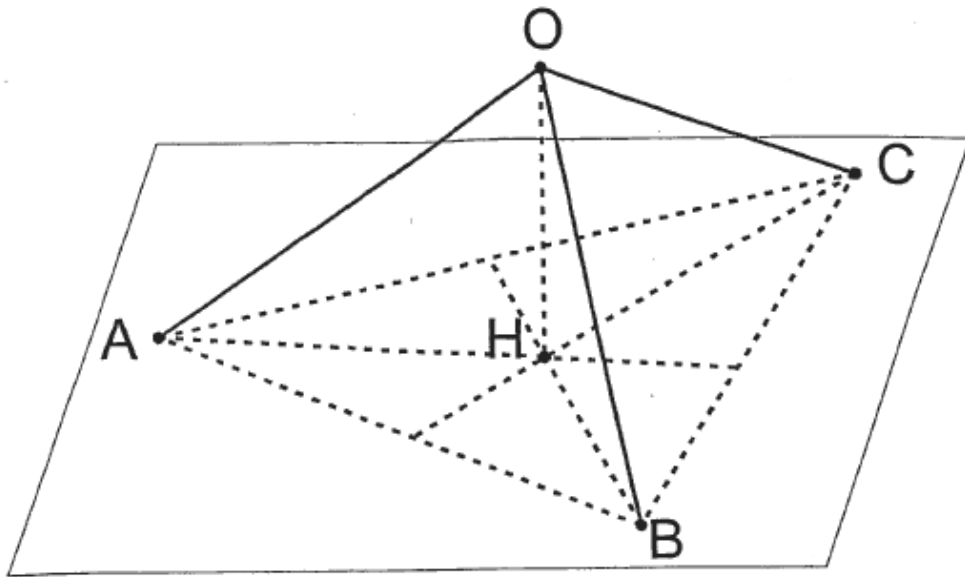


Figura 23

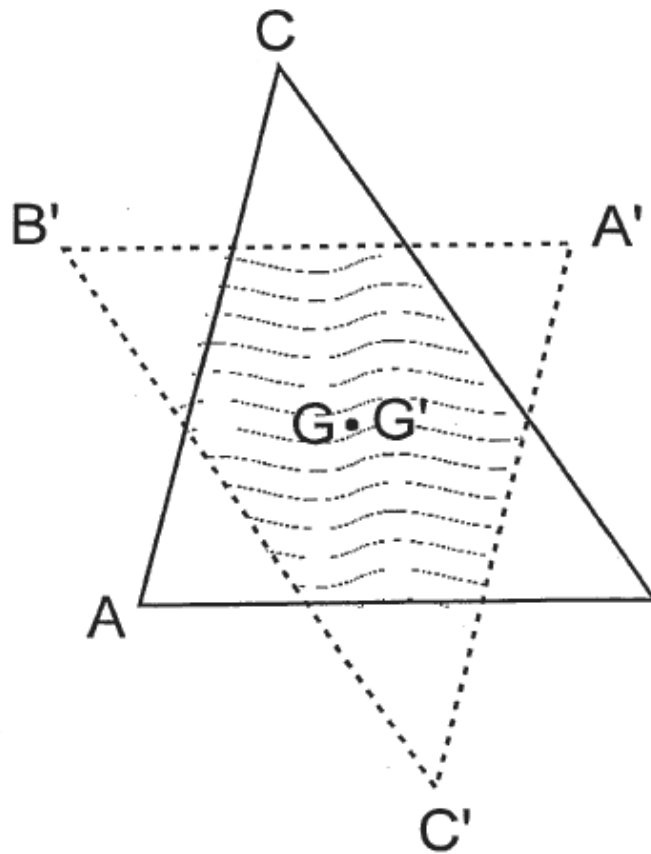


Figura 24

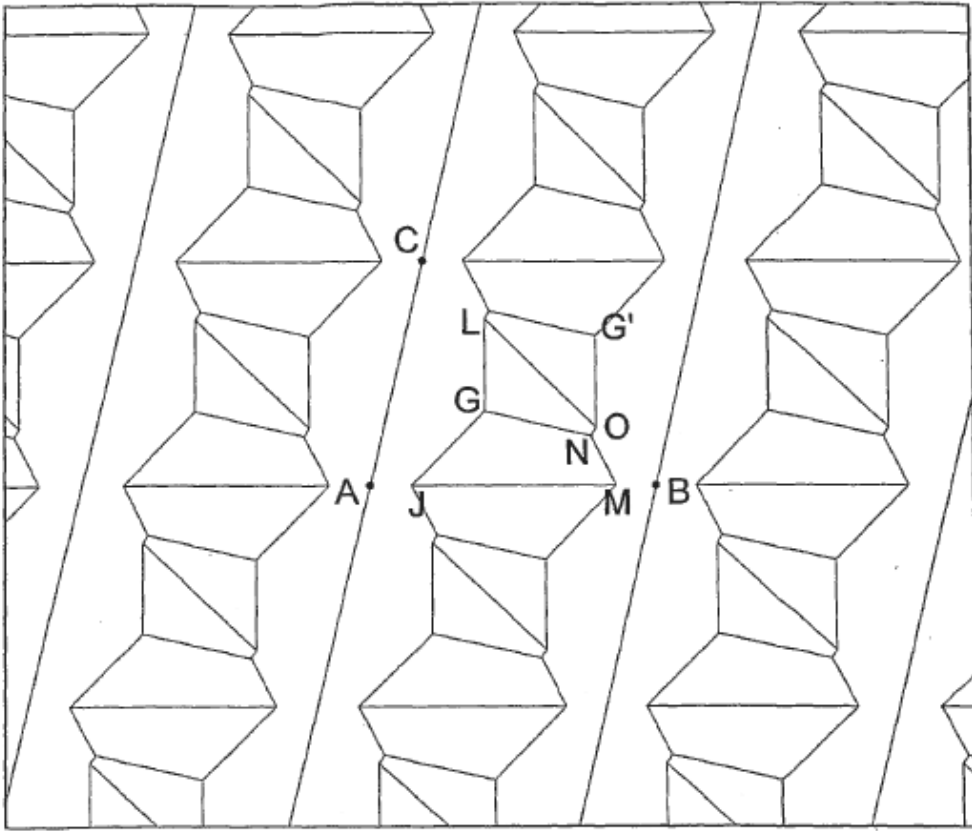


Figura 27

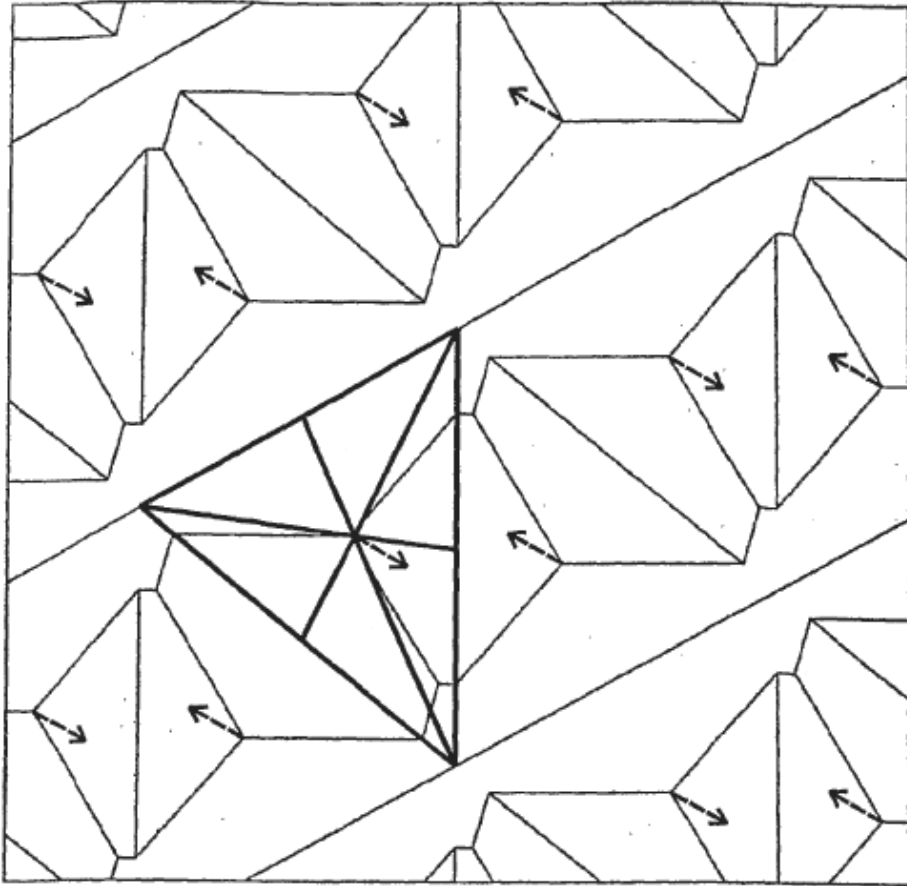


Figura 28

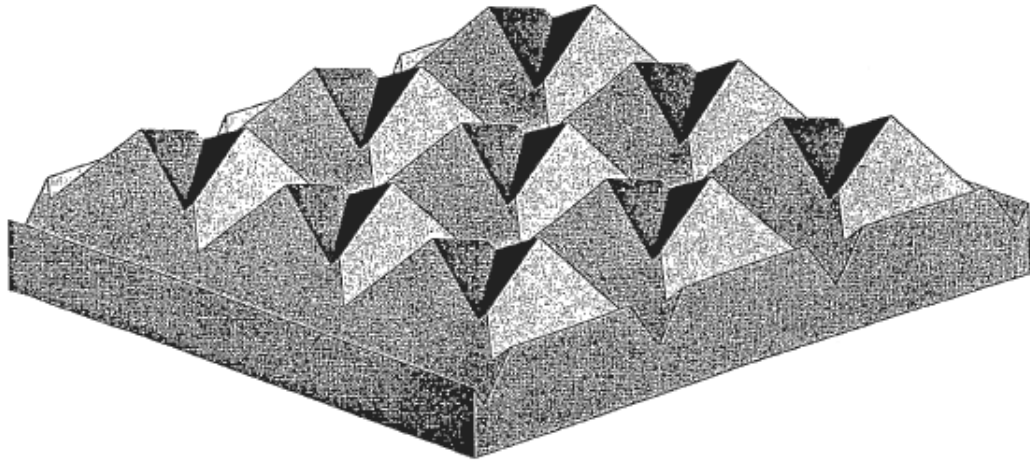


Figura 29

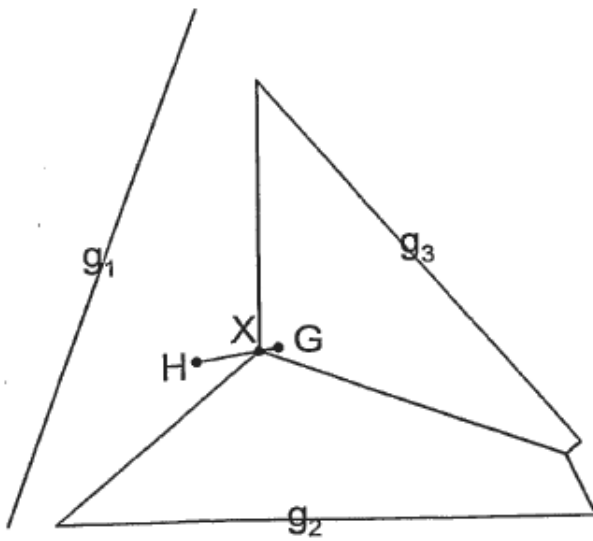


Figura 30A

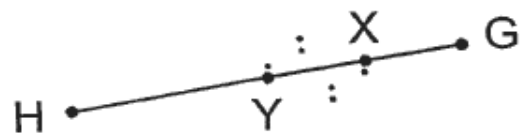
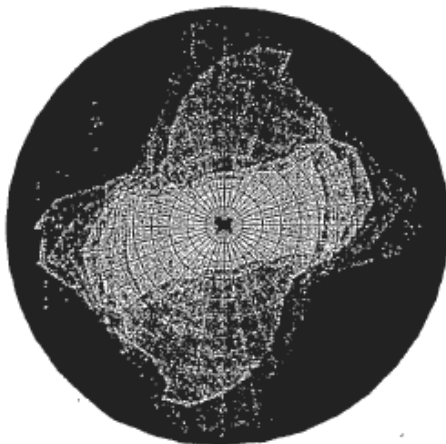
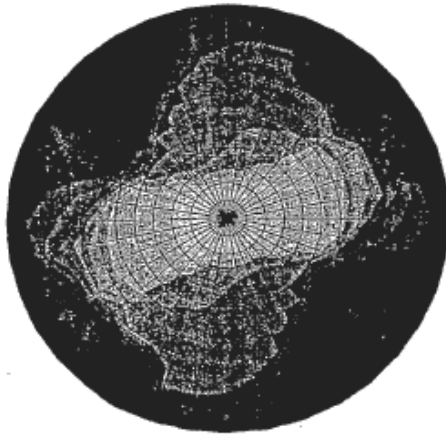


Figura 30B



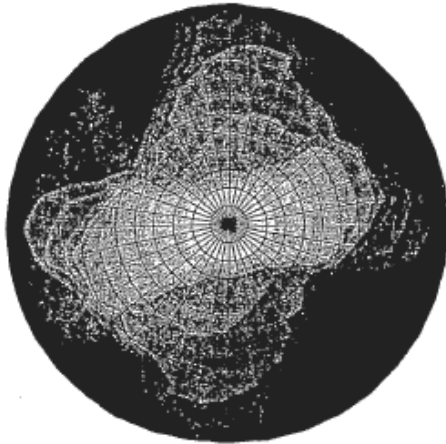
50°-60°-70°, $\rho = 0$, $n = 1,586$

Figura 31A (técnica anterior)



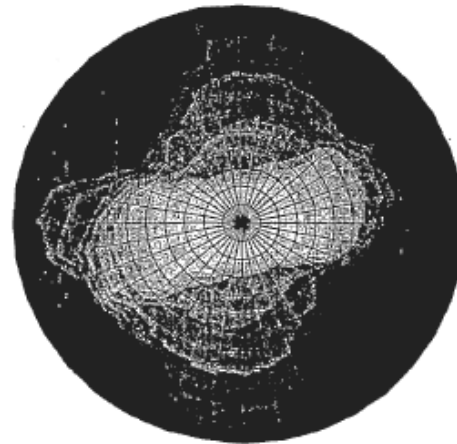
50°-60°-70°, $\rho = 0.25$, $n = 1,586$

Figura 31B



50°-60°-70°, $\rho = 0.5$, $n = 1,586$

Figura 31C



50°-60°-70°, $\rho = 0.75$, $n = 1,586$

Figura 31D



50°-60°-70°, $\rho = 1$, $n = 1,586$

Figura 31E



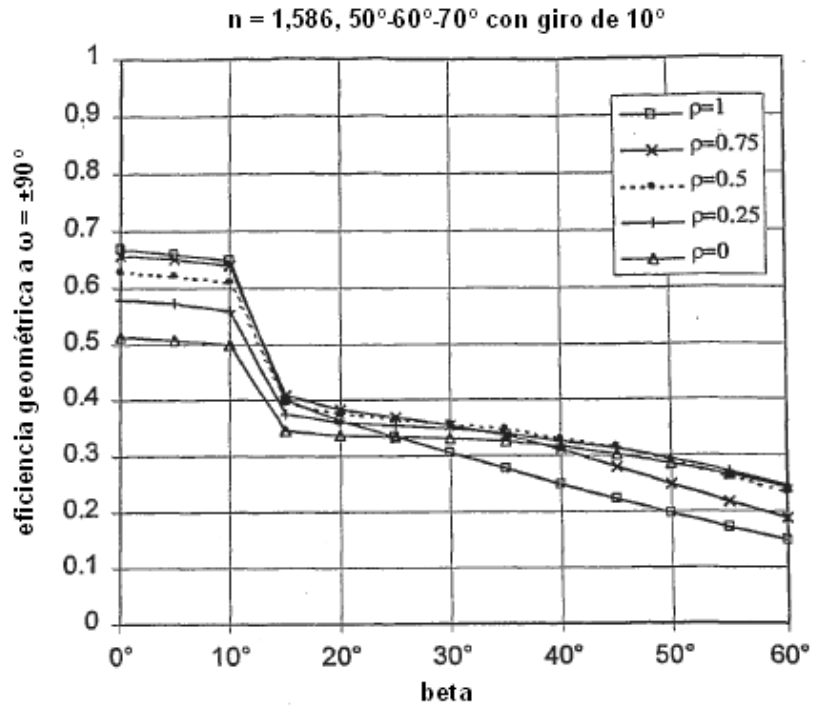


Figura 32A

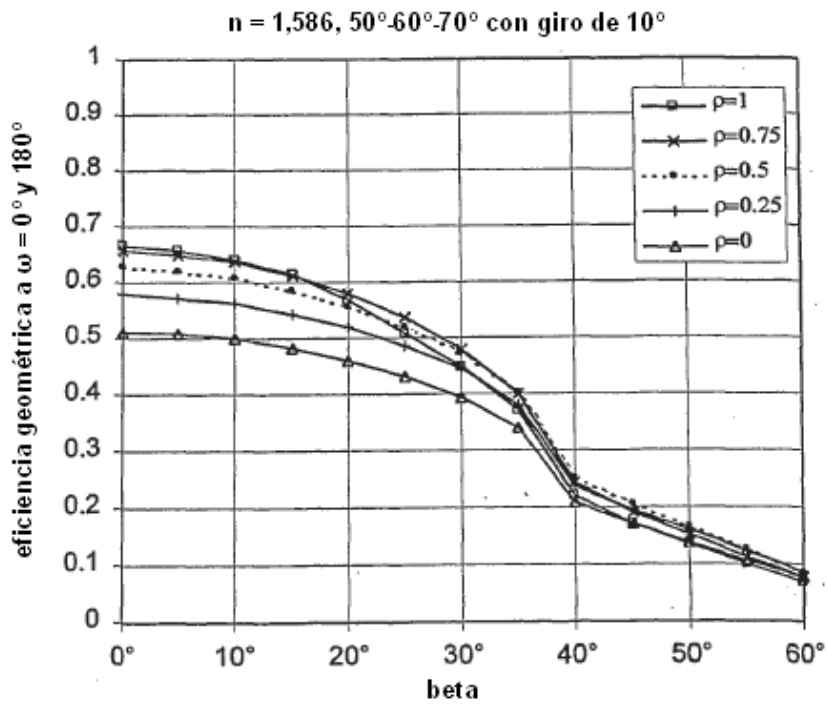


Figura 32B

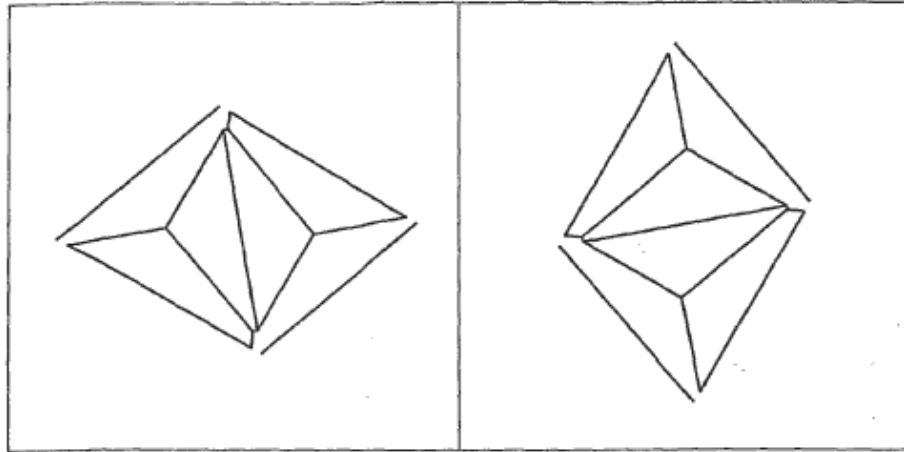


Figura 33

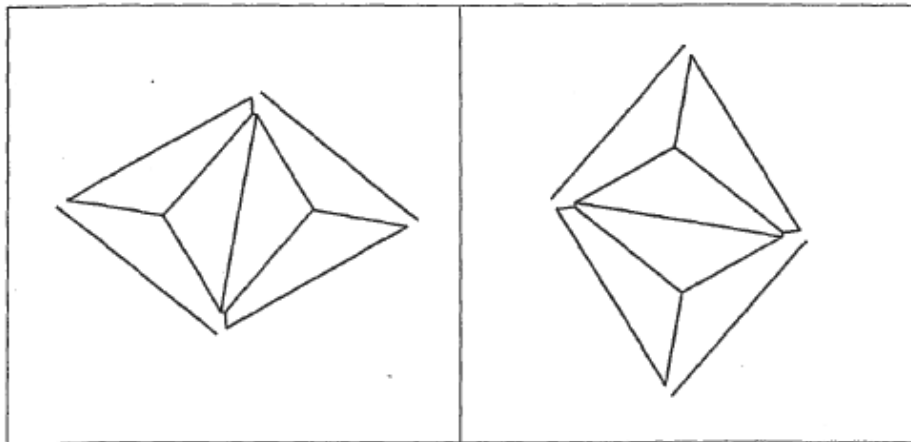


Figura 34

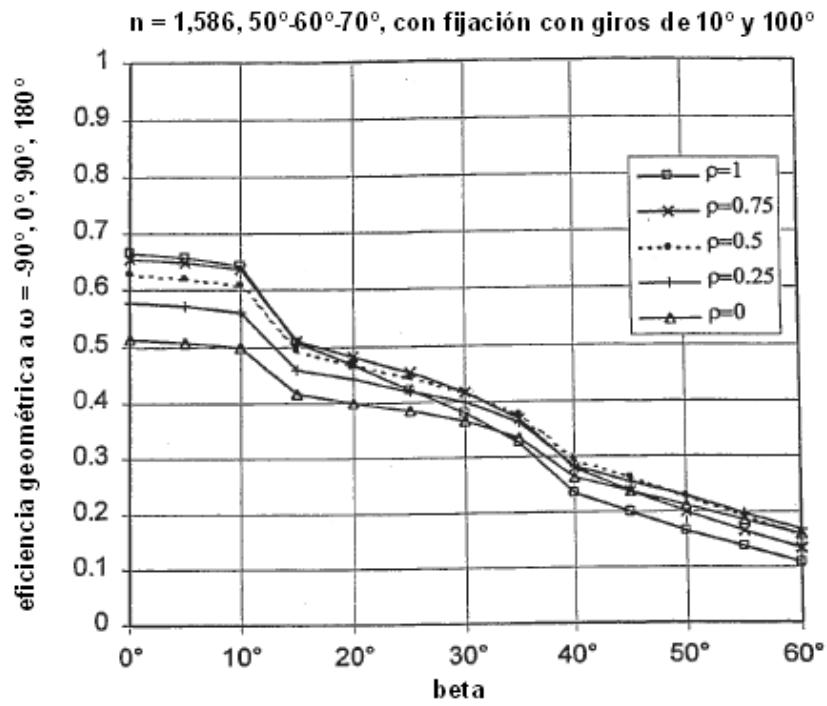


Figura 35

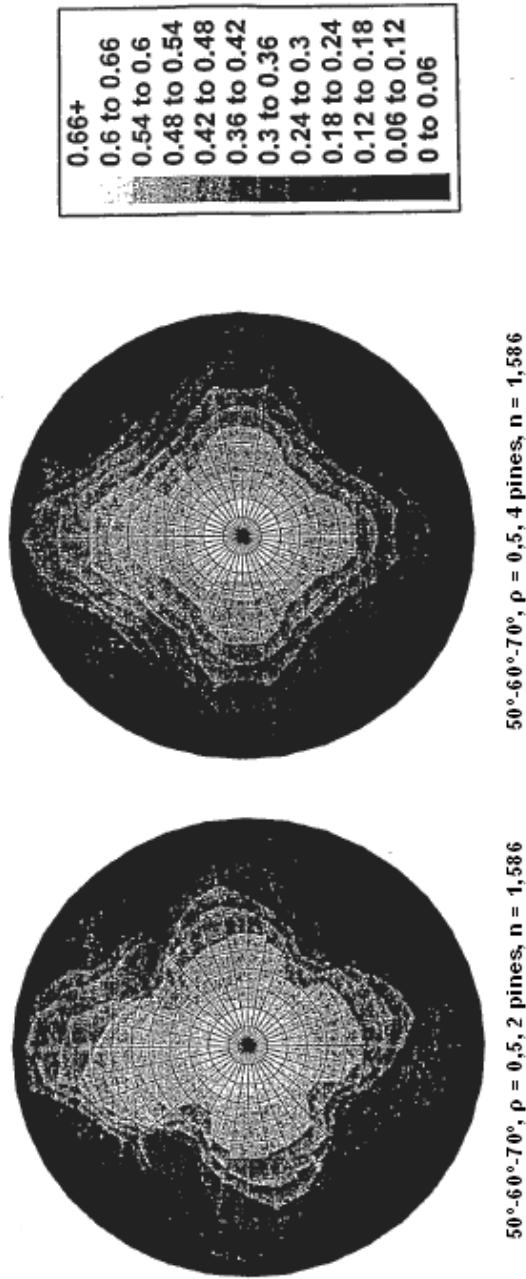


Figura 36B

Figura 36A

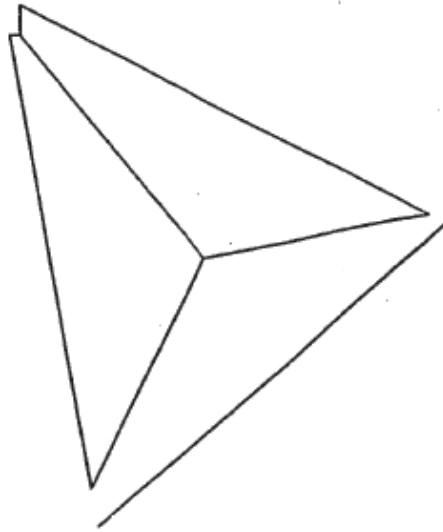


Figura 37

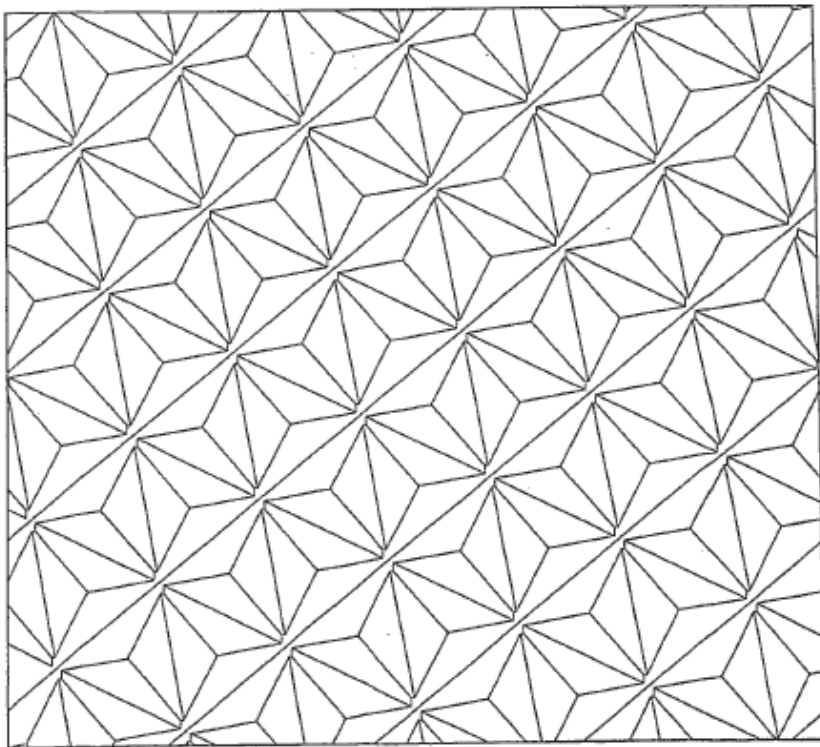


Figura 38

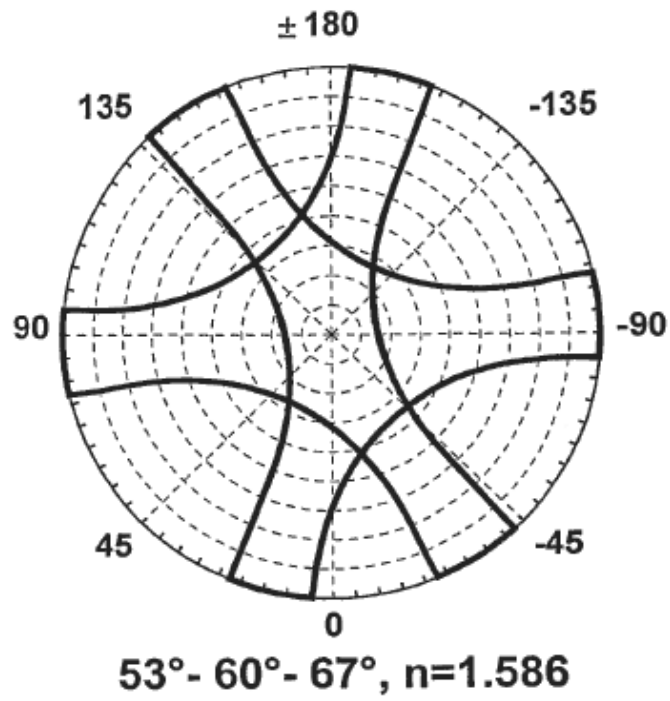


Figura 39

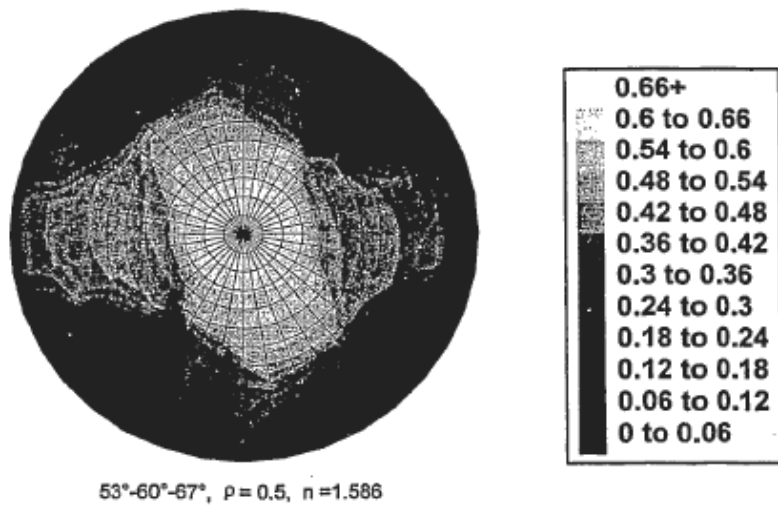


Figura 40

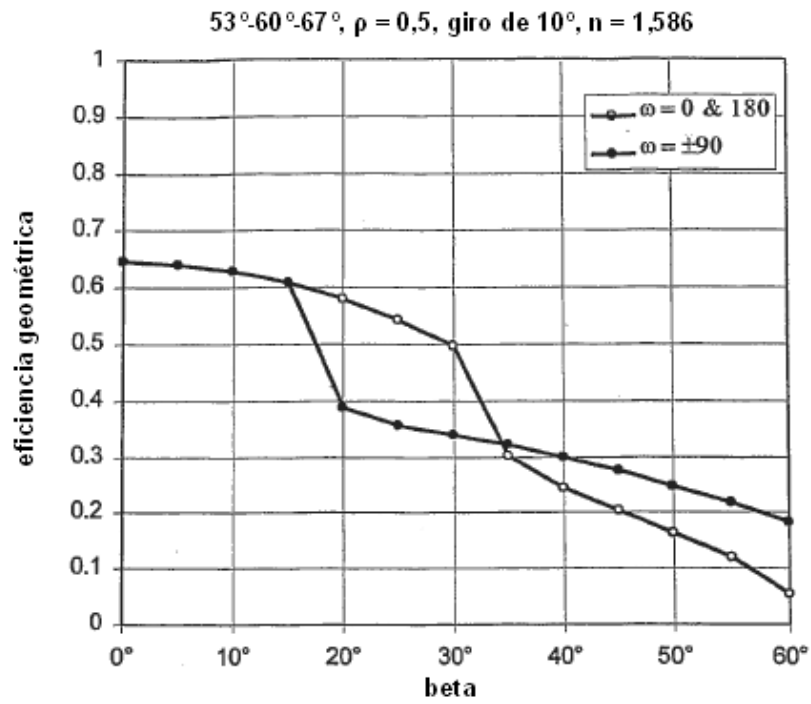


Figura 41A

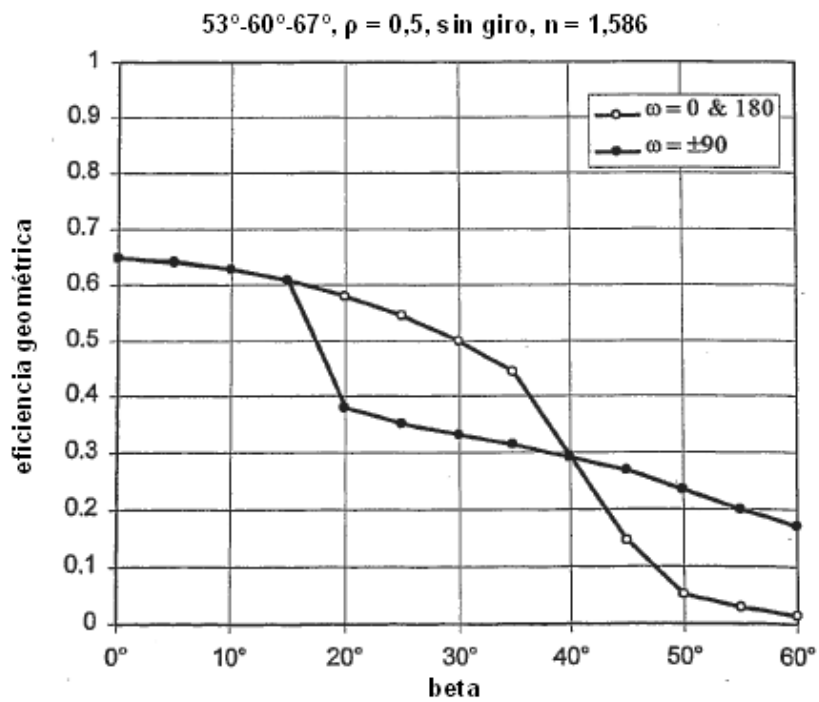


Figura 41B

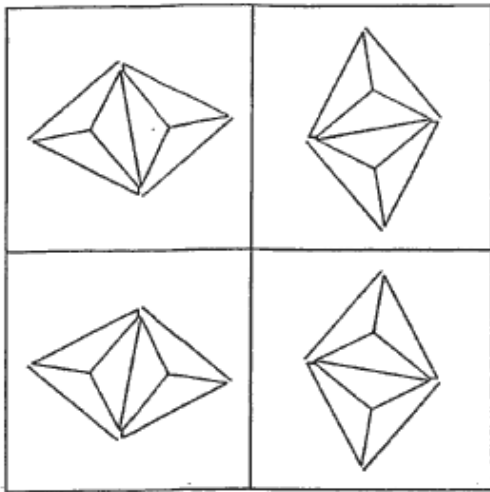


Figura 42A

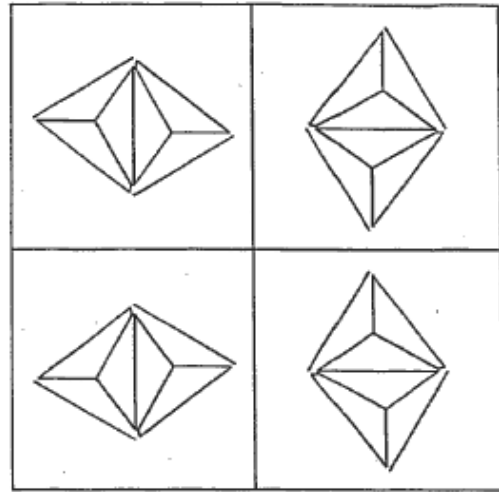


Figura 42B

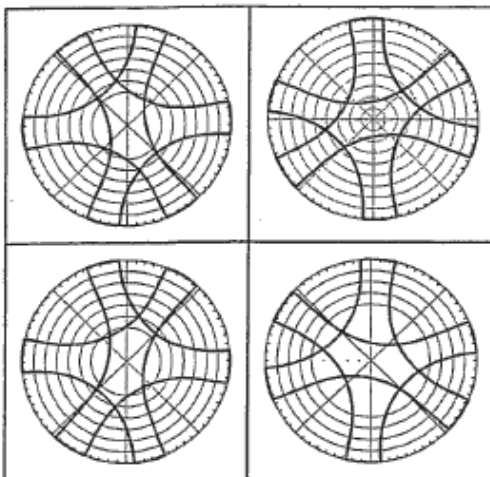


Figura 43A

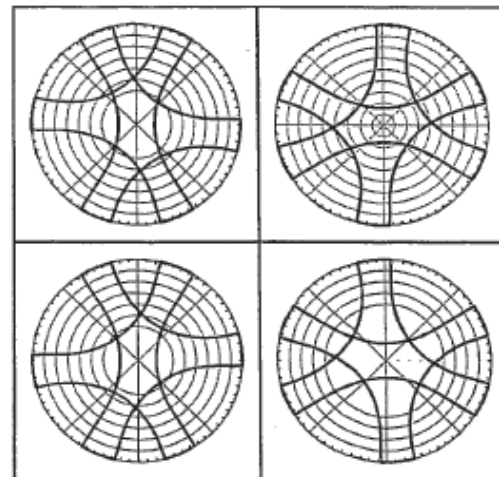


Figura 43B

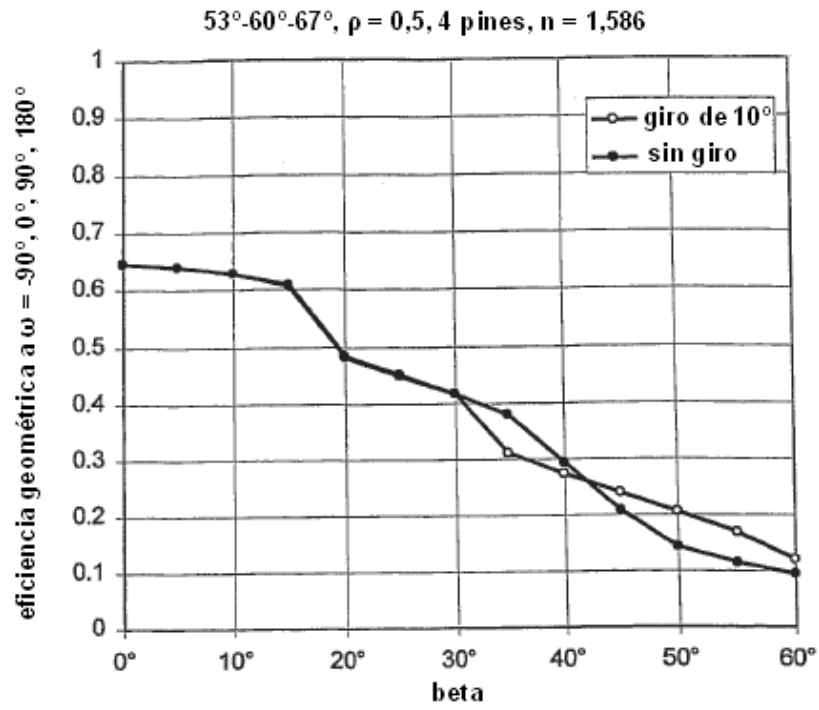


Figura 44

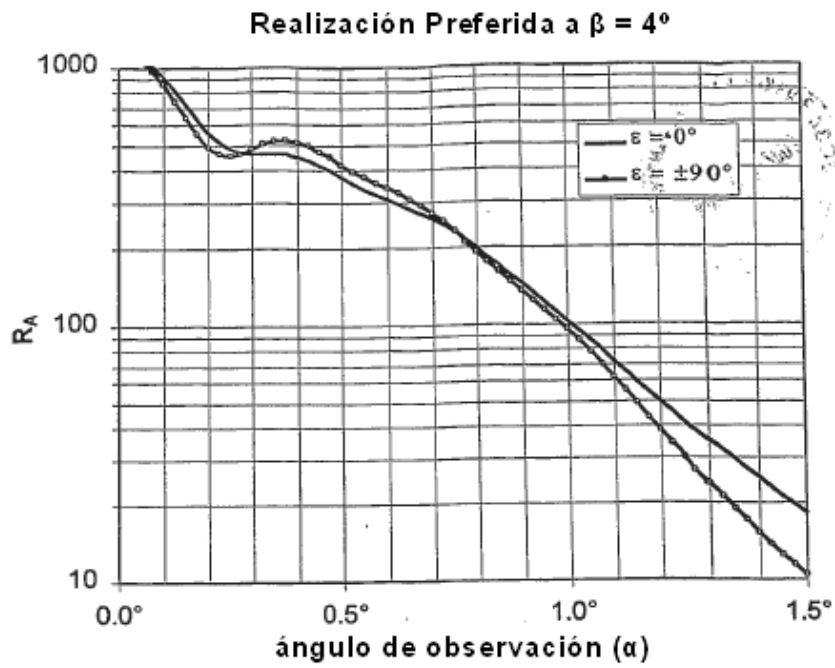


Figura 45A

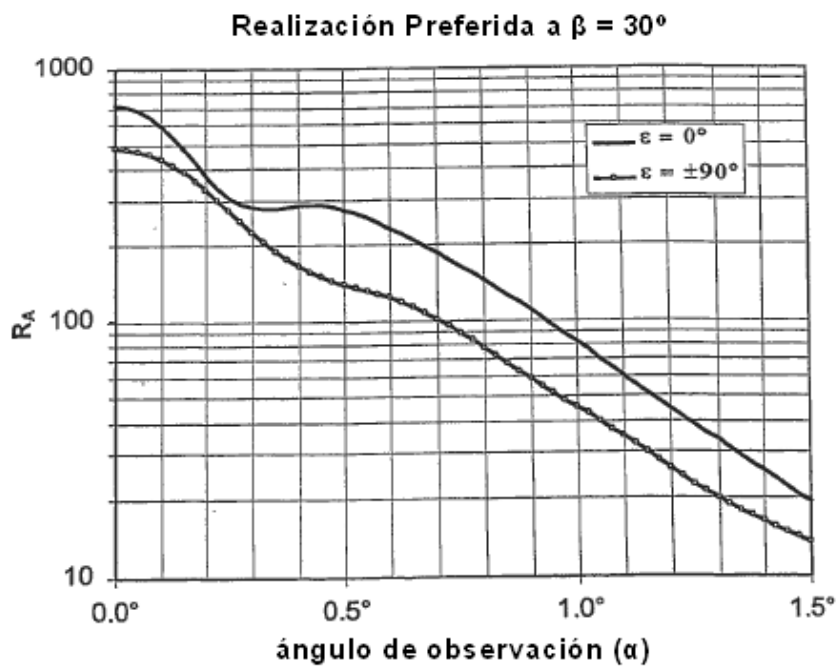


Figura 45B