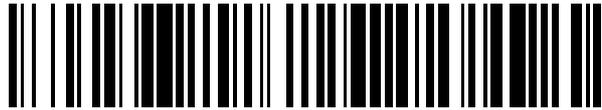


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 015**

51 Int. Cl.:

F16H 55/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2011 E 11767633 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2014 EP 2545299**

54 Título: **Abombamientos optimizados en ruedas dentadas cónicas de un engranaje de ruedas cónicas**

30 Prioridad:

29.10.2010 DE 102010049752

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

29.05.2014

73 Titular/es:

**SCHOTTEL GMBH (100.0%)
Mainzer Strasse 99
56322 Spay/Rhein , DE**

72 Inventor/es:

HEER, MANFRED

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 464 015 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

Abombamientos optimizados en ruedas dentadas cónicas de un engranaje de ruedas cónicas

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una rueda dentada cónica, en particular para hélices de timón, cuyos dientes presentan una macrogeometría específica de la rueda dentada, cuyos dientes se pueden describir por medio de líneas de flancos y líneas perfiladas, cuyos flancos presentan una microtopografía de flancos dentados y cuya huella de contacto representa la zona de contacto de los dientes que engranan, en el que el abombamiento de un flanco de los dientes corresponde a la sobreelevación del centro de los flancos de los dientes frente al borde de los flancos de los dientes y en el que el desarrollo del abombamiento de la altura y de la anchura de la superficie de los flancos está configurado esencialmente en forma de arco circular.

10 Las ruedas dentadas cónicas sirven para la transmisión de pares de torsión y de movimientos giratorios en engranajes de rodamientos. La estructura de un engranaje de rueda dentada cónica de una fase está constituida por corona diferencial y piñón. La corona diferencial y el piñón están conectados por aplicación de fuerza, unión positiva o unión del material con los árboles correspondientes. En la prolongación de los árboles se encuentran puntos de intersección o puntos de cruce de los ejes de los árboles. El ciclo del movimiento de dos ruedas dentadas cónicas en engranan entre sí se designa como rodadura. En este caso, engranan los flancos dentados respectivos del diente y del diente opuesto.

15 Los dentados en los que los flancos dentados del diente y del diente opuesto ruedas cinemáticamente con exactitud se designan como dentado conjugado. Los flancos de los dientes contactan en este caso en cada posición de rodadura sobre una línea. No obstante, para conseguir un comportamiento de desplazamiento mejorado, se desvía de esta forma a través de la introducción de abombamientos.

20 La geometría del diente de las ruedas dentadas cónicas presenta, por lo tanto, en general, en los flancos de los dientes un abombamiento, puesto que los flancos de los dientes, en el caso de una transmisión de fuerza grande, no pueden engranar sobre toda la anchura y altura, puesto que la sobreelevación de la tensión que aparece en otro caso en los bordes provocarían daños en los dientes. Por el abombamiento de un flanco de diente se entiende la sobreelevación del centro de los flancos de los dientes frente al borde de los flancos de los dientes. En este caso, las dos ruedas dentadas que engranan entre si no se apoyan totalmente una en la otra. Entre dos flancos de dientes se encuentra especialmente en el estado no cargado un intersticio de aire de diferente tamaño. La distancia entre dos ruedas dentadas se designa también como ventilación o medida de la hendidura.

25 En este caso se distingue entre abombamiento de la altura y abombamiento de la anchura. En el caso del abombamiento de la anchura, este desarrollo se realiza a través de una reducción correspondiente del radio del círculo de vuelo o bien del diámetro de la herramienta de rectificación. El desarrollo del abombamiento de la altura se determina a través del perfilado de la herramienta, superponiendo al perfil de referencia un abombamiento de forma circular. Otras formas no encuentran aplicación en la práctica por razones económicas.

30 El desarrollo de los abombamientos en ruedas cónicas se determina normalmente a través del procedimiento de fabricación. Especialmente en las ruedas Ciclo-Paloid conocidas y en los métodos empleados a tal fin para la mecanización acabada (procedimiento / rectificación HPG), el desarrollo de los abombamientos está configurado aproximadamente en forma de arco circular.

35 El documento DE 1170742 representa el estado más próximo de la técnica y publica el preámbulo de la reivindicación 1.

40 Las superficies de las ruedas dentadas, que engranan con carga, es decir, con transmisión de momento, se designan como huella de contacto. Puesto que, en principio, el diente y el diente opuesto no engranan totalmente, el tamaño de la superficie sin huella de contacto es siempre menor que el de todo el flanco del diente. La forma actualmente predominante de la huella de contacto se puede describir aproximadamente con la forma de una elipse.

45 Las zonas que engranan realmente así como las distancias que predominan a través del relieve correspondiente de los flancos de los dientes entre un diente y el diente opuesto correspondiente se pueden visualizar a través de la llamada ventilación ("Ease-Off") (figura 1). En este caso, la distancia que resulta a través de los abombamientos entre el flanco del piñón y el flanco de la corona diferencial se registra sobre una superficie de referencia plana. Esta superficie se extiende sobre toda la anchura y la altura de los flancos. En la representación de la ventilación, el flanco del diente contacta con la superficie de referencia en un punto de contacto (punto de intersección de las dos líneas gruesas en la rejilla fina).

50 Para la descripción del desarrollo del abombamiento de un flanco de diente se representa la curva correspondiente en un grafo, en el que se registran la ventilación o también el abombamiento C sobre la anchura del diente o bien sobre la altura del diente. En tales grafos se registra desde el punto de contacto hasta el canto del flanco (talón, dedo, pie o cabeza) del flanco del diente la longitud L. A través de una normalización, la definición para L y C es independiente de valores absolutos, de manera que la curva se aplica para todos los abombamientos y anchuras de

dientes habituales. En el punto L^* (la longitud desde el canto correspondiente de los flancos de los dientes), la curva corresponde al valor del abombamiento normalizado C^* (figura 2).

5 No obstante, la longitud L^* no tiene que ser en este caso la mitad de la anchura del diente, en general b , sino $b/2$, o bien de la altura del diente, en general $h = 2^*m$, sino $h/2$, puesto que el punto de contacto no debe encontrarse exactamente en el centro del diente. También puede estar excéntrico sobre el flanco (figura 3). De ello resulta una llamada huella de contacto desplazada. En el caso de una huella de contacto desplazada, se desplaza el arco circular hacia un canto, de manera que con el mismo radio la distancia de los flancos en el borde no corresponde ya al abombamiento (figuras 4 y 5). El abombamiento normalizado C^* se refiere, por lo tanto, a la distancia real entre el flanco corregido y el flanco no corregido en el borde respectivo de los flancos, no al abombamiento normalizado.

10 Para la descripción de un abombamiento "normalizado" en forma de arco circular se definen dos características.

1. Importe de la superficie por debajo de la curva (figura 6a)

En el caso de un desarrollo normal del abombamiento, la superficie A_B debajo de la curva para abombamiento estándar habitual ($b/500.. b/1500$ o bien $0,003m_0.. 0,006m_0$) normalmente es aproximadamente 33,4 %, pero al menos 31 % de la superficie total $A_{Ges} = L^* \times C^*$.

15 2. Importe de la curva en el centro de la línea L^* (figura 6b)

Con $L^*/2$, el valor de la función del abombamiento normal es aproximadamente 25 % de C^* .

20 Como factor de limitación durante la transmisión de momentos se aplica la presión superficial máxima admisible. En el caso de un dentado blando, ésta es baja, de manera que la fabricación de los dentados conjugados se realiza en este caso económicamente por medio de procedimientos de fabricación estándar. En el caso de dentados duros aparecen presiones superficiales altas. Si aparecen presiones superficiales altas que se extienden más allá de un valor límite admisible, se producen daños en los dientes. Para incrementar adicionalmente una transmisión de momentos y conseguir valores límites más elevados, deben seguirse los siguientes principios:

- Empleo de materiales con mayor capacidad de soporte, en particular aceros altamente bonificados,
- Realización del endurecimiento de la superficie
- 25 • Fabricación de flancos de los dientes con una alta calidad de la superficie

El empleo de aceros altamente bonificados es intensivo de costes en virtud de las materias primas caras y altos costes de mecanización. La mecanización de productos de acero altamente bonificados o bien la mecanización posterior de superficies nobles en las siguientes etapas de fabricación es costosa y cara en virtud de la dureza del material.

30 Al mismo tiempo, los procedimientos de bonificación en los pares de torsión a transmitir requeridos en cada caso con relación a un espacio de construcción especial del engranaje chocan con límites de las presiones superficiales admisibles específicas del material.

35 En particular, las formas actuales de los flancos de los dientes no utilizan la superficie máxima posible de un flanco de diente para la transmisión de la fuerza, puesto que las huellas de contacto elípticas características hasta ahora no cubren la zona parcial utilizable posible de un flanco de diente. La huella de contacto admisible máxima de un flanco de diente a fabricar no es posible en virtud de los procedimientos de fabricación estándar empleados hasta ahora.

Por último, las adaptaciones del contorno de los flancos solamente han sido analizadas y optimizadas hasta ahora bajo el aspecto de la reducción del ruido. Las optimizaciones se han realizado en este caso con máquinas de fabricación especiales o en fabricación de piezas individuales.

40 El cometido de la invención es mejorar ruedas dentadas cónicas de un engranaje de rueda dentada cónica del tipo mencionado al principio de tal manera que éstas presentan una huella de contacto mayor optimizada para poder transmitir un par de torsión mayor.

Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención porque a través de una erosión puntual exacta del material se optimiza la microtopografía del flanco de los dientes y de esta manera se optimiza la huella de contacto,

- 45 • en el que la erosión del material se realiza de tal forma que se reduce el relieve final en la superficie de los flancos de los dientes hacia el lado del talón del diente y hacia el lado del dedo del diente, engranando una superficie con longitud y anchura mayores sobre el flanco del diente, y
- en el que el desarrollo del abombamiento de un flanco del diente en la consideración libre de carga de la ventilación (Ease-Off) en el caso de una sección longitudinal en la superficie de intersección de los flancos

y/o en el caso de un corte del perfil en la superficie de intersección del perfil sigue una forma curvada aproximadamente logarítmica, elíptica y/o exponencial, que se extiende a través del punto de contacto, y

- 5 • en el que una fresa recorre una curva de mecanización, que está solapada con una curva de corrección para la generación de la huella de contacto de carga optimizada y que forma las líneas perfiladas y/o las líneas de los flancos a lo largo de toda la anchura del diente y la altura del diente de la curva de corrección matemática correspondiente (de tipo logarítmico, elíptico o exponencial), en el que ésta se encuentra entre una curva límite superior y una curva límite inferior, y
- por que el dentado se realiza como dentado en espiral o dentado en arco.

10 Esto se puede realizar por medio de procedimientos de fabricación nuevos, con preferencia con la ayuda de procedimiento de fabricación de ejes múltiples que erosionan material, en particular un procedimiento de fresado de 5 ejes. En este caso, la forma del abombamiento de un flanco de diente se puede modificar de forma discrecional y se puede optimizar de esta manera. El objetivo es en este caso incrementar la superficie total de soporte del flanco del diente y al mismo tiempo optimizar el comportamiento de desplazamiento. En particular, por lo tanto, en el caso de dientes duros, la fabricación de un desarrollo puntual optimizado del abombamiento a través de máquinas fresadoras de ejes múltiples representa un procedimiento de fabricación nuevo.

15 La fabricación de desarrollos optimizados del abombamiento a lo largo de curvas logarítmicas, elípticas o exponenciales o bien de una combinación de las formas mencionadas anteriormente posibilita ruedas dentadas que pueden transmitir potencias mayores con los mismos datos geométricos básicos y los mismos valores característicos del material.

20 La diferenciación del abombamiento optimizado "nuevo" respecto del abombamiento "normal" en forma de arco circular se realiza a través de la definición de las dos características siguientes de la curva:

1. Importe de la superficie por debajo de la curva (figura 8a)

A través del desarrollo más plano de la curva en el centro de los flancos se consigue, con el abombamiento optimizado, una relación $A_B/A_{Ges} = 10$ a 30 %.

25 2. Importe de la curva en el centro de la longitud L^* (figura 8b).

Para la segunda característica del abombamiento nuevo, el valor funcional de la curva en el centro, es decir, en 50 %, del desarrollo L^* , indicaciones de referencia para C^* para el límite superior y el límite inferior. Para el límite superior se define el valor de referencia de 20 % del contenido superficial del rectángulo total cubierto por L^* y C^* . Para el límite inferior se define el valor de referencia para C^* de 5 %.

30 Las dos líneas límites se definen de la siguiente manera:

$$f(x) = C^* \cdot \frac{\log\left(1 - \left(\frac{x}{15 \cdot L^*}\right)^2\right)}{\log\left(1 - \left(\frac{1}{15}\right)^2\right)}$$

Fórmula de la curva límite superior (figura 8a)

$$f(x) = C^* \cdot \frac{\log\left(1 - \left(\frac{x}{1,001 \cdot L^*}\right)^2\right)}{\log\left(1 - \left(\frac{1}{1,001}\right)^2\right)}$$

35 Fórmula de la curva límite inferior (figura 8a)

A través de la línea límite superior y la línea límite inferior se incluye una zona para el contorno optimizado de los flancos de los dientes (figuras 8a, 8b y 9). En esta zona, los desarrollos optimizados preferidos del contorno de los flancos de los dientes se extienden en función de los criterios, que influyen en las curvas de la tensión en el diente y

sobre la superficie del diente bajo carga. Los criterios se ajustan sobre todo a especificaciones de diseño y no son relevantes, puesto que la consideración o bien la selección son específicas del caso de aplicación.

La ventaja de tales flancos de los dientes de ruedas dentadas cónicas es un potencial incrementado al máximo para la transmisión del par de torsión.

- 5 En este caso es especialmente favorable la cantidad reducida de material (erosión del material), que debe erosionarse en los dientes individuales después de la mecanización bruta.

Es ventajoso que en este caso parezcan cargas más uniformes de los dientes a lo largo de los flancos de los dientes. Esto conduce a una carga punta puntual reducida en lugares críticos del diente y de esta manera se incrementa la duración de vida útil.

- 10 También es ventajoso que una huella de contacto incrementada presenta una superficie de rodadura mayor. Por lo tanto, en el caso de cargas se consigue una presión superficial más reducida con carga constante, lo que reduce el desgaste de la superficie de contacto. Esto reduce el desgaste y eleva de esta manera el tiempo de funcionamiento de un engranaje. Por lo tanto, al mismo tiempo se pueden planificar intervalos de mantenimiento mayores, lo que no sólo es importante en el campo de aplicación de engranajes de hélices de timón.

- 15 En este caso es también especialmente ventajoso que los procedimientos conocidos hasta ahora para el incremento al máximo de la capacidad de transmisión del par de torsión de un diente en la producción así como las parejas de materiales utilizadas con preferencia se puedan combinar con la nueva idea representada aquí.

A continuación se explica en detalle un ejemplo de realización de la invención con la ayuda de los dibujos.

La figura 1 muestra la representación de la ventilación ("Ease-Off") de dos ruedas dentadas que engranan entre sí.

- 20 La figura 2 muestra una huella de contacto normal con relación al flanco de la rueda dentada.

La figura 3 representa una huella de contacto desplazada a lo largo de la anchura del diente b.

La figura 4 muestra el abombamiento de la anchura a lo largo de una anchura del diente.

La figura 5 representa el abombamiento de la altura a lo largo de la altura del diente.

- 25 La figura 6a representa el abombamiento normal en forma de arco circular, es decir, el desarrollo frente al abombamiento C*.

La figura 6b representa un punto de referencia correspondiente en un abombamiento "normal" en forma de arco circular.

Las figuras 7a y 7b muestran en una representación-Ease-Off el desarrollo "normal" en forma de arco circular del abombamiento frente al desarrollo del abombamiento del flanco optimizado del diente.

- 30 La figura 8a representa para los abombamientos optimizados los límites y el intervalo para el desarrollo preferido.

La figura 8b representa para el abombamiento optimizado los puntos de referencia para la curva límite superior y la curva límite inferior.

La figura 9 compara los diferentes desarrollos del abombamiento.

- 35 La figura 10a representa una rueda dentada cónica, en la que la huella de contacto de la carga de una superficie de soporte, que se extiende con abombamiento "normal" en forma de arco circular se representa con presiones altas.

La figura 10b representa una rueda dentada cónica, en la que se ha optimizado la topografía de los flancos de la rueda dentada, que presenta de esta manera una huella de contacto mayor.

- 40 Puesto que las consideraciones siguientes del abombamiento, desde el punto de vista inventivo, son iguales para el abombamiento de la altura y el abombamiento de la anchura, se utiliza, en general, el concepto de abombamiento. Cuando es necesario, en el lugar correspondiente se distingue entonces en particular entre abombamiento de la anchura y abombamiento de la anchura.

- 45 La figura 1 muestra en este caso la representación "Ease-Off", en la que se representan dos flancos de los dientes que engranan entre sí sin carga. El primer flanco del diente 1 está deformado en este caso hacia un plano. El segundo flanco del diente 2 representa, por lo tanto, un flanco de diente curvado sobreelevado. De esta manera, se puede reconocer el valor de la medida de la hendidura o bien de la ventilación entre dos segundos flancos de los dientes sobre los dos puntos opuestos. Con la ayuda de esta representación-3D se puede imitar las distancias entre los dos flancos de los dientes. La figura 1 muestra en este caso desarrollos correspondientes de los abombamientos

de la anchura y de los abombamientos de la altura a lo largo de un retículo 3D. La figura 1 muestra en este caso ya una hueca de contacto desplazada, es decir, que el punto de contacto entre los dos flancos de los dientes no está centrado en el centro a lo largo de la anchura del diente o de la altura del diente, sino que está desplazado aquí a lo largo de la anchura del diente. Esto se puede reconocer en las diferentes longitudes b_1 y b_2 a lo largo de la anchura del diente.

La figura 2 muestra, en general, un desarrollo de un abombamiento 3 a lo largo de la anchura del diente b así como el punto de contacto 4 de una huella de contacto ejemplar con una superficie de referencia ejemplar. Este desarrollo es un fragmento ejemplar de una representación "Ease-Off" 3D. El punto de contacto está en L^* , que es el centro de la anchura de los flancos del diente $b/2$. C representa en este caso la medida de la hendidura o también la ventilación.

La figura 3 muestra de manera similar a la figura 2 un desarrollo del abombamiento 5, pero aquí con una huella de contacto desplazada, que está desplazada a lo largo de la anchura del diente b . La posición del punto de contacto o también del punto de contacto 6 del flanco plano del diente y del flanco opuesto del diente se indica a través de las magnitudes L^*_1 y L^*_2 . En el lado izquierdo frontal de la rueda dentada existe, en virtud de la huella de contacto desplazada una ventilación mayor C^*_1 , pudiendo encontrarse en el lado derecho de la rueda dentada una ventilación menor C^*_2 .

La figura 4 ilustra en particular con la ayuda de un fragmento 2D de la representación "Ease-Off"-3D de la figura 1 el abombamiento de la anchura a lo largo de la anchura del diente b con una huella de contacto desplazada sin flanco del diente. La ventilación C^*_1 es de doble magnitud en comparación con la ventilación C^*_2 .

La figura 5 muestra el abombamiento de la altura de un flanco de un diente con las ventilaciones C^*_3 y C^*_4 respectivas. El abombamiento de la altura es en este caso simétrico (se puede reconocer en longitudes h_1 y h_2 tamaño idéntico). No obstante, también se pueden construir abombamientos asimétricos de la altura.

La figura 6a describe el desarrollo del abombamiento de los flancos de los dientes para abombamientos "normales" en forma de arco circular, que se designan también como abombamientos estándar. En este caso, las abscisas y las ordenadas forman un rectángulo con la superficie A_{Ges} 7. En el caso de abombamientos estándar se aplica, en general, que la superficie A_B 8a es 31 % mayor con respecto a A_{Ges} 7. La superficie restante 8b, por encima de la curva de los abombamientos estándar en forma de arco circular, representa el diente representado sobre-elevado de la representación EASE-OFF. La superficie rayada 8a debajo de la curva límite inferior 9 para el abombamiento estándar en forma de arco circular muestra la superficie que se elimina, por ejemplo por arranque de virutas en la fabricación de la rueda dentada. En este caso, para estos desarrollos del abombamiento "normal" en forma de arco circular, los abombamientos de la anchura se encuentran en el intervalo de valores de $b/500$ a $b/1500$ y los abombamientos de la altura se encuentran en el intervalo de valores de $0,003m_0$.. $0,006m_0$). La curva, que se indica con A_B a través de A_{Ges} igual a 33,4 % de contenido de superficie, muestra una de las curvas estándar de forma circular posibles, que se emplean con frecuencia hasta ahora.

La figura 6b muestra en un desarrollo del abombamiento "normal" en forma de arco circular el punto de referencia porcentual correspondiente para $C^* = 25 \%$ con un desarrollo de la longitud $L^* = 50 \%$.

La figura 7a representa la consideración "Ease-Off" 3D para un abombamiento en forma de arco circular.

La figura 7b se compara con la figura 7a y representa la consideración "Ease-Off" 3D de la nueva huella de contacto optimizada. En este caso, se pueden reconocer las ventilaciones de diferente magnitud del flanco del diente 1 deformado hacia un plano y del flanco del diente 2 curvado sobre-elevado. A partir de la confrontación se deduce de la misma manera que en la forma optimizada de los flancos de los dientes debe erosionarse menos material. En la comparación de las figuras 7a y 7b se deduce también al mismo tiempo que existe una huella de contacto incrementada.

La figura 8a describe los desarrollos del límite superior 11 y del límite inferior 12 para los desarrollos de una huella de contacto incrementada optimizada. Estos límites incluyen la zona, en la que se definen los desarrollos preferidos de una huella de contacto optimizada. Se puede ver claramente que el límite superior de las huellas de contacto optimizadas se extiende claramente por debajo de la curva límite 13, que delimita el límite inferior del abombamiento estándar "normal" en forma de arco circular.

La figura 8b describe con la ayuda de las indicaciones porcentuales los puntos de referencia de los desarrollos del abombamiento a lo largo de la anchura de los flancos de los dientes y la curva límite inferior 13 para abombamientos "normales" en forma de arco circular se enfrenta en este caso a la zona 14 para abombamientos optimizados, Los puntos de referencia están en 50 % del desarrollo a lo largo de la anchura del diente L^* para la curva límite superior en 20 % y para la curva límite inferior en 5 %.

La figura 9 compara las diferentes curvas consideradas hasta ahora. Éstas son

- el abombamiento estándar "normal" en forma de arco circular 13, que es, en general, $A_B/A_{Ges} > 31 \%$,

- el límite superior 12 del abombamiento optimizado,
- el límite inferior 11 del abombamiento optimizado,
- una curvatura de corrección 15 preferida, que se encuentra entre el límite superior y el límite inferior para abombamientos optimizados, para el desarrollo de los flancos de los dientes de una rueda dentada especial.

5

Debajo de la curva de corrección preferida se resalta a través de rayado una superficie 16. Esta superficie representa la zona, que debe ser erosionada, por ejemplo fresada, con la ayuda de los procedimientos de fabricación aplicables. Se puede reconocer claramente en comparación con el abombamiento estándar que en la forma optimizada de los flancos de los dientes, partiendo de la pieza bruta de la rueda dentada cónica debe eliminarse menos material que en el abombamiento estándar de forma circular.

10

La figura 10a representa una rueda dentada cónica 17 en conjunto, que presenta flancos de los dientes con abombamientos típicamente en forma de arco circular. Aquí se muestra claramente la superficie de soporte 18, en el gráfico se indica adicionalmente con una superficie de soporte pequeña con presión alta, como se puede encontrar en el caso de empleo de ruedas dentadas altamente bonificadas. La estampación elíptica de esta superficie es clara.

15

La figura 10b representa una rueda dentada 19 con topografía modificada de los flancos. Esta rueda dentada tiene, en virtud de la huella de contacto incrementada optimizada una superficie de contacto modificada 20. Esta superficie de contacto se puede describir con un rectángulo, que tiene esquinas redondeadas.

20

25

REIVINDICACIONES

5 1.- Procedimiento para la fabricación de una rueda dentada cónica, en particular para hélices de timón, cuyos dientes presentan una macrogeometría específica de la rueda dentada, cuyos dientes se pueden describir por medio de líneas de flancos y líneas perfiladas, cuyos flancos presentan una microtopografía de flancos dentados y cuya huella de contacto representa la zona de contacto de los dientes que engranan, en el que el abombamiento de un flanco de los dientes corresponde a la sobreelevación del centro de los flancos de los dientes frente al borde de los flancos de los dientes, caracterizado por que a través de una erosión puntual exacta del material se optimiza la microtopografía del flanco de los dientes y de esta manera se optimiza la huella de contacto,

- 10 • en el que la erosión del material se realiza de tal forma que se reduce el relieve final en la superficie de los flancos de los dientes hacia el lado del talón del diente y hacia el lado del dedo del diente, engranando una superficie con longitud y anchura mayores sobre el flanco del diente, y
- 15 • en el que el desarrollo del abombamiento de un flanco del diente en la consideración libre de carga de la ventilación en el caso de una sección longitudinal en la superficie de intersección de los flancos y/o en el caso de un corte del perfil en la superficie de intersección del perfil sigue una forma curvada aproximadamente logarítmica, elíptica y/o exponencial, que se extiende a través del punto de contacto, y
- 20 • en el que una fresa recorre una curva de mecanización, que está solapada con una curva de corrección para la generación de la huella de contacto de carga optimizada y que forma las líneas perfiladas y/o las líneas de los flancos a lo largo de toda la anchura del diente y la altura del diente de la curva de corrección matemática correspondiente (de tipo logarítmico, elíptico o exponencial), en el que ésta se encuentra entre una curva límite superior y una curva límite inferior, y
- por que el dentado se realiza como dentado en espiral o dentado en arco.

25 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado por que el control de los flancos que se encuentra en la superficie de intersección de los flancos divide la superficie de intersección de los flancos en una superficie que corta el diente y una superficie residual y la magnitud de esta superficie residual está entre 10 % y 30 %, con preferencia entre 20 % y 28 %, de la superficie total, en el que por una "superficie de intersección de los flancos" se entiende una superficie, que se extiende, en una consideración de la ventilación libre de carga, en la dirección longitudinal del diente a través del punto de contacto entre el diente y el diente opuesto y en este caso está en ángulo recto con respecto a la superficie de referencia, que se forma por el flanco del diente opuestos que está doblado precisamente hacia una superficie plana.

30 3.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el contorno de los flancos que se encuentra en la superficie de intersección de los flancos divide la superficie de intersección de los flancos en una superficie que corta el diente y una superficie residual, en el que el tamaño de esta superficie residual se define como integral entre el punto de contacto y el extremo del flanco del diente.

35 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, caracterizado por que el área total de la superficie de intersección de los flancos , en el caso de una huella de contacto desplazada, se cubre a través del importe de la ventilación y el recorrido desde el punto de contacto hasta el extremo de los flancos de los dientes.

40 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado por que el control de la herramienta que erosiona de forma puntual exacta, en particular de una cabeza de fresa de la máquina herramienta, se realiza a través de un programa, que conduce a desarrollos de líneas de los flancos y/o de líneas perfiladas logarítmicas, elípticas o exponenciales, como en la sección longitudinal y/o sección del perfil en el punto de contacto.

6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la curva límite inferior, con una superficie residual del 10 %, para la corrección para la generación de la huella de contacto de carga optimizada, se define como de indica a continuación:

$$f(x) = C^* \cdot \frac{\log\left(1 - \left(\frac{x}{15 \cdot L^*}\right)^2\right)}{\log\left(1 - \left(\frac{1}{15}\right)^2\right)}$$

45 L* : longitud de los cantos de los flancos de los dientes

C* : Abombamiento normalizado

7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la curva límite superior, con una superficie residual del 30 %, para la corrección para la generación de la huella de contacto de carga optimizada se define como se indica a continuación:

$$f(x) = C^* \cdot \frac{\log \left(1 - \left(\frac{x}{1,001 \cdot L^*} \right)^2 \right)}{\log \left(1 - \left(\frac{1}{1,001} \right)^2 \right)}$$

5

L* : longitud de los cantos de los flancos de los dientes

C* : Abombamiento normalizado

8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la fresa, que mecaniza los dos flancos que contactan entre sí, recorre una curva de macrogeometría, que corresponde a la forma no optimizada del diente, a la que se superpone una curva de corrección, que establece la microgeometría, con una ventilación optimizada de los flancos de los dientes que engranan entre sí.

10

9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el proceso de fabricaciones fabrica en primer lugar a través de la máquina de mecanización el dentado conjugado de la rueda dentada y en la etapa siguiente se fabrica al mismo tiempo en la zona de la macrogeometría, la forma básica del flanco del diente de la rueda dentada y en la zona de la macrogeometría, la forma especial del abombamiento para la ventilación optimizada.

15

10.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado por que la huella de contacto se desplaza de tal manera que el punto medio de la superficie de rodadura se encuentra fuera del punto medio del flanco de los dientes.

20

11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la huella de contacto de la carga presenta una forma en la mayor medida posible cuadrada, en particular rectangular, con esquinas redondeadas.

12.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por que la huella de contacto de la carga cuadrada o rectangular con esquinas redondeadas corresponde a la magnitud de engrane de acuerdo con al menos la magnitud de la huella de contacto de la carga esencialmente elíptica.

25

13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para la mecanización fina dura, especialmente después del endurecimiento, de los dientes de la rueda dentada cónica, en lugar de un esmerilado de las superficies de contacto a través de una erosión puntual exacta del material en los flancos de los dientes, se fabrican las superficies de contacto lisas de la huella de contacto de la carga a través de fresado o rectificado con un procedimiento de cuatro ejes o de tres ejes.

30

14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se utiliza para la fabricación de engranajes de accionamiento de buques, en particular engranajes de hélices de timón, con referencia como engranajes submarinos del accionamiento de la góndola.

15.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se utiliza para la fabricación de engranajes de accionamientos de buques en el espectro de potencia de 100 kW a 10000 kW.

35

16.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, para la fabricación de ruedas dentadas cónicas de un engranaje de rueda dentada, cuyo desarrollo a lo largo del flanco del diente corresponde aproximadamente a una curva en forma de arco circular, epicloide o envolvente.

17.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el desarrollo del abombamiento de la atura y del abombamiento de la anchura de la superficie de los flancos está configurado esencialmente en forma de arco circular.

40

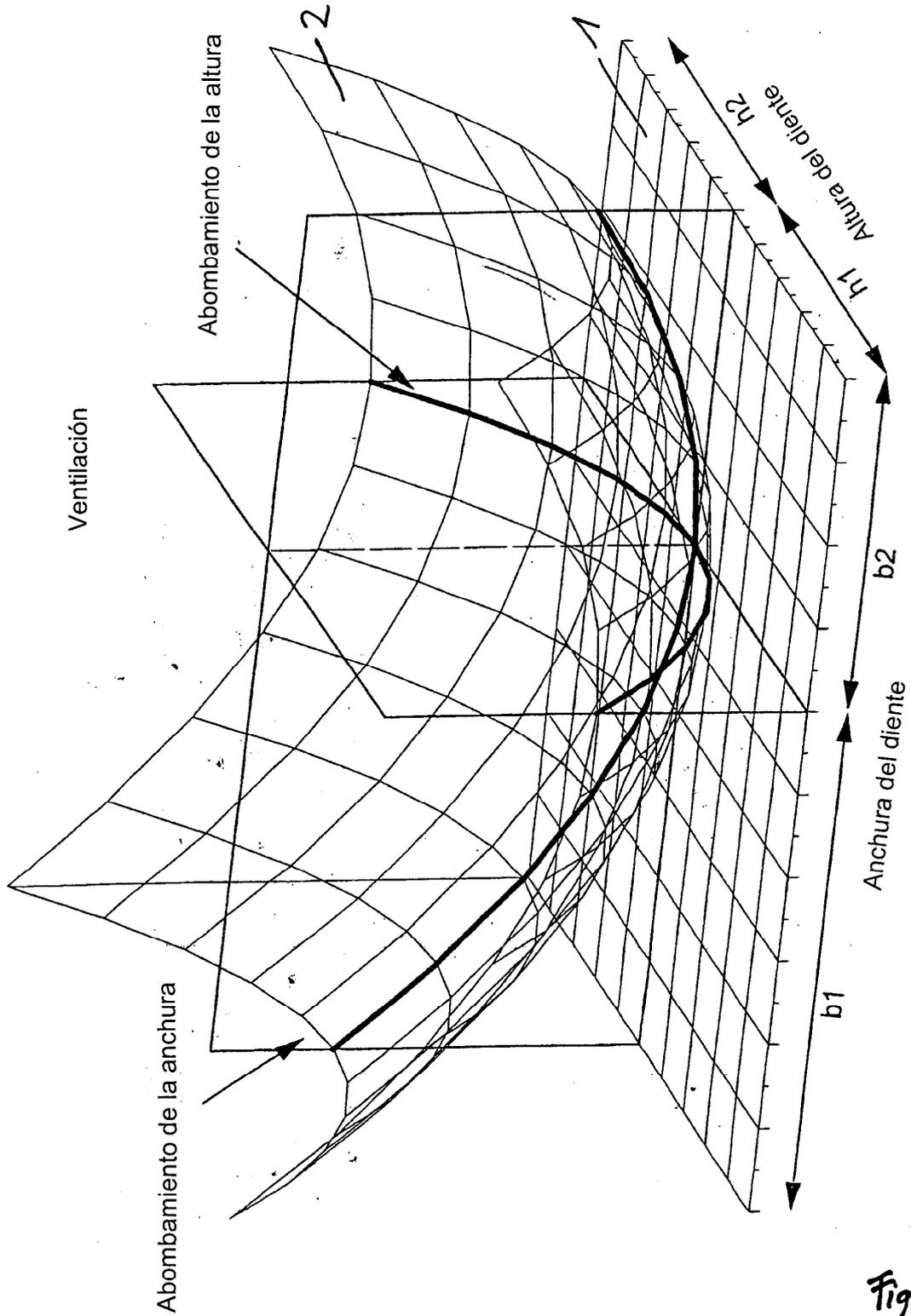
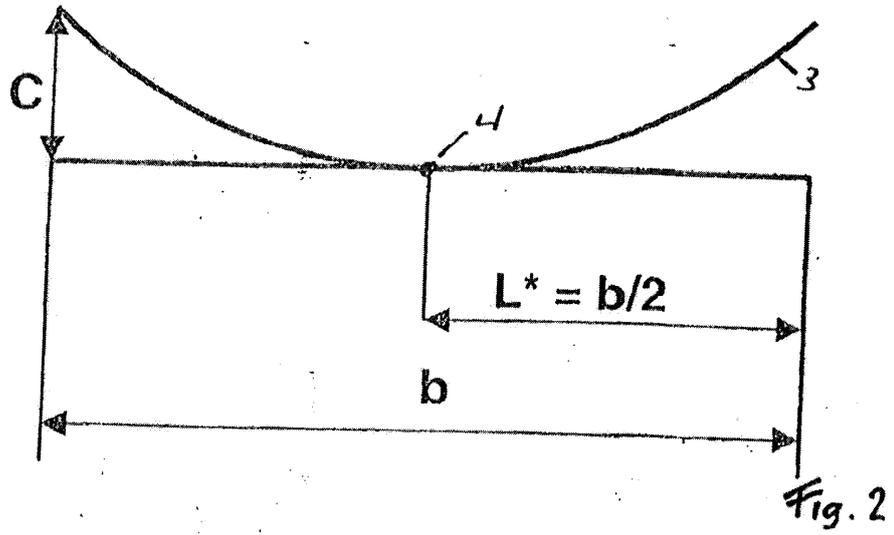
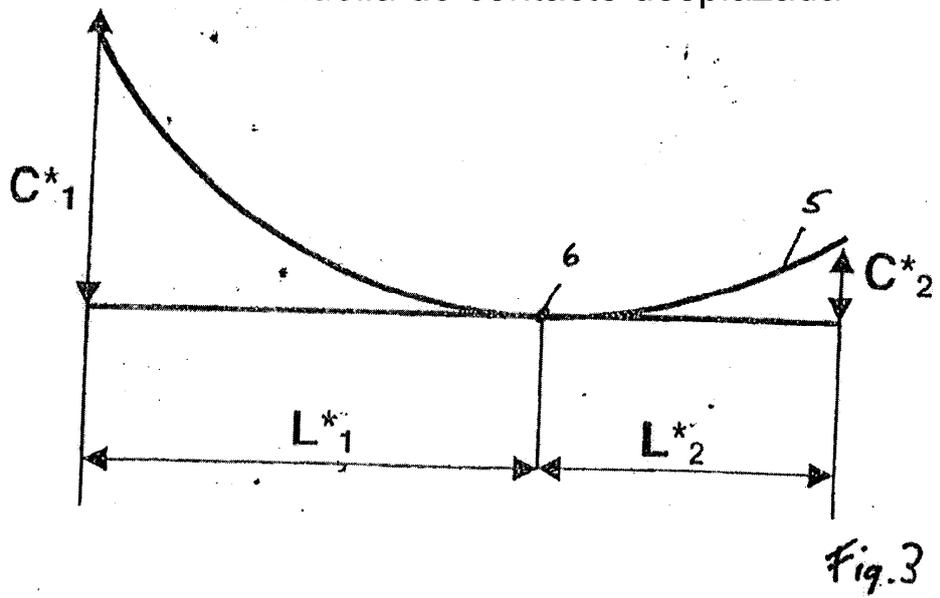


Fig. 1

Huella de contacto normal



Huella de contacto desplazada



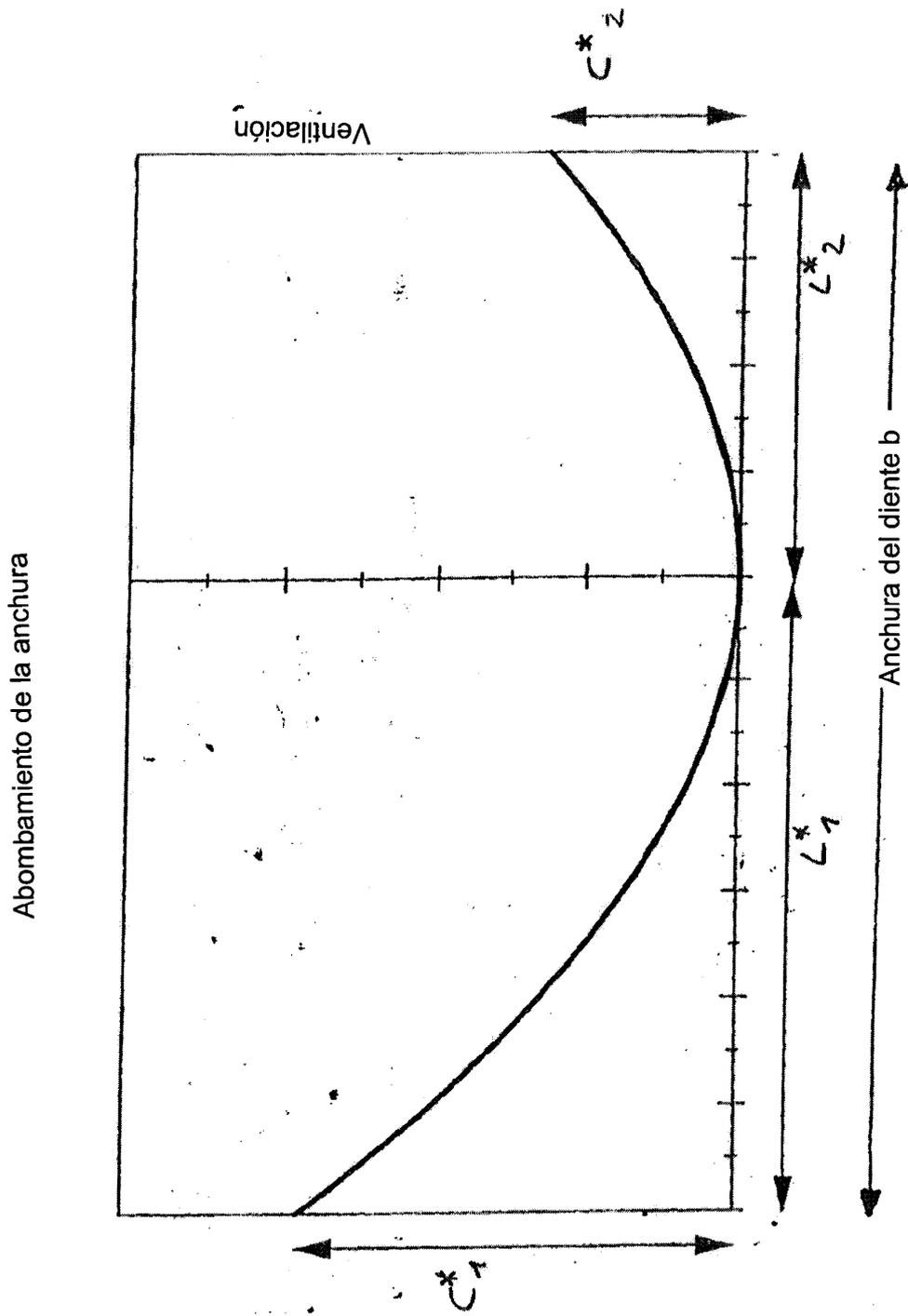


Fig. 4

Abombamiento de la altura

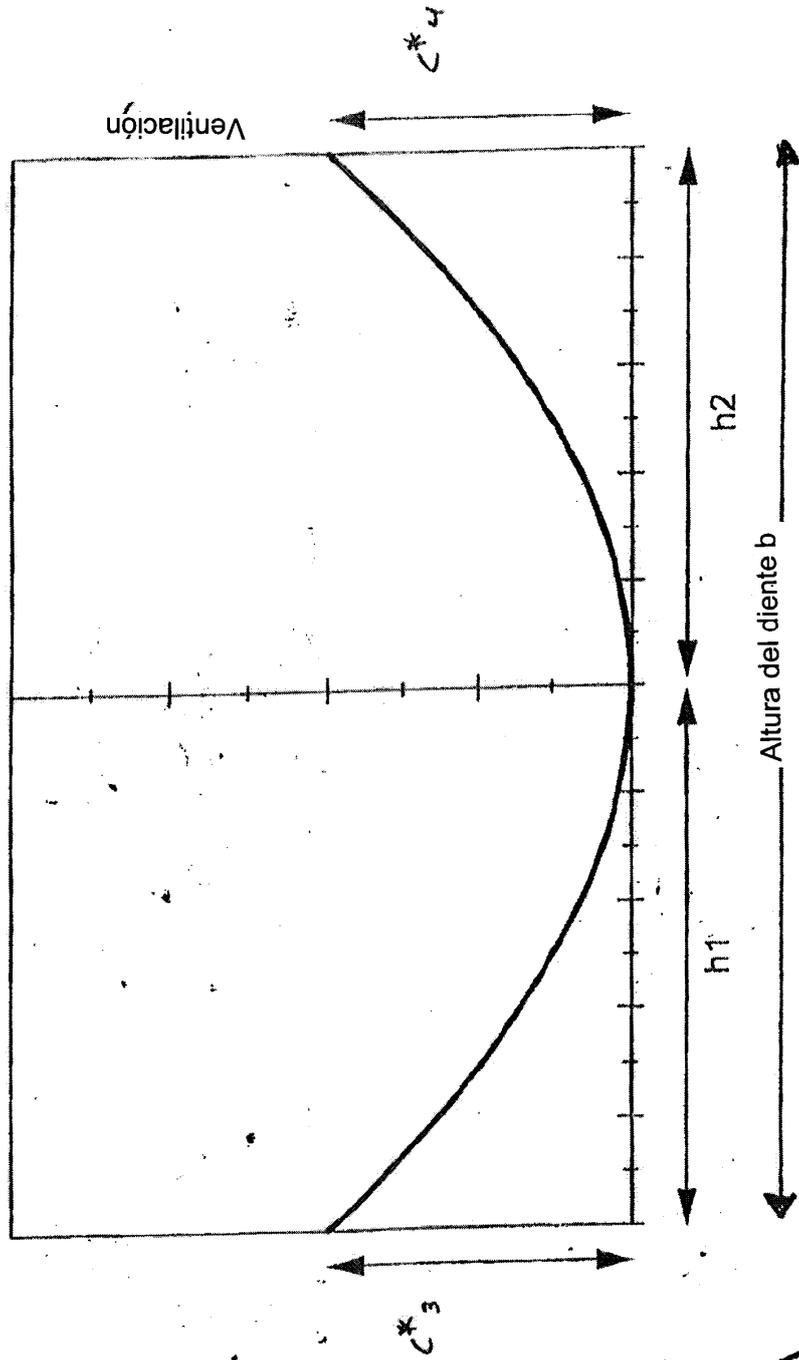


Fig. 5

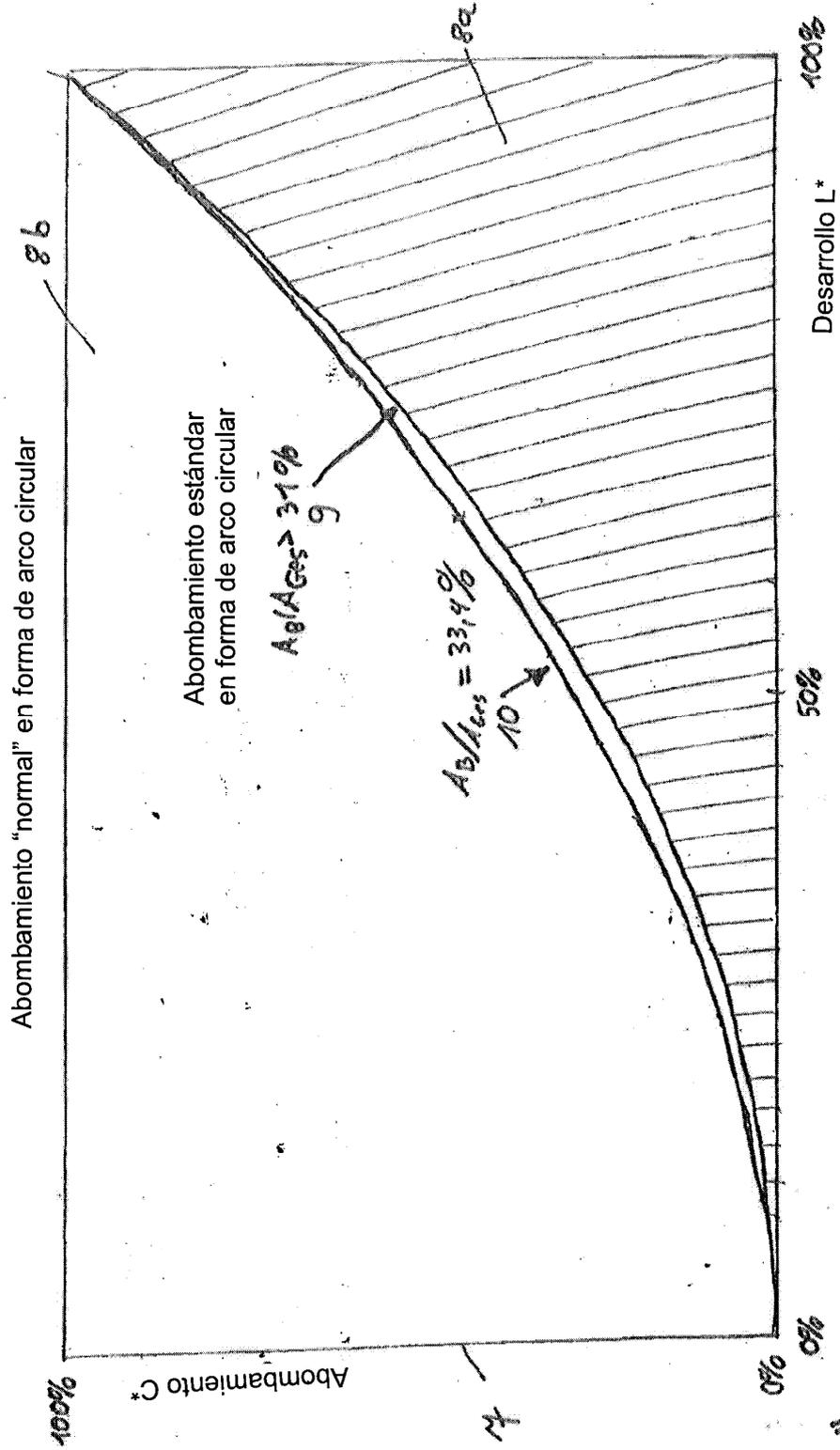


Fig. 6a

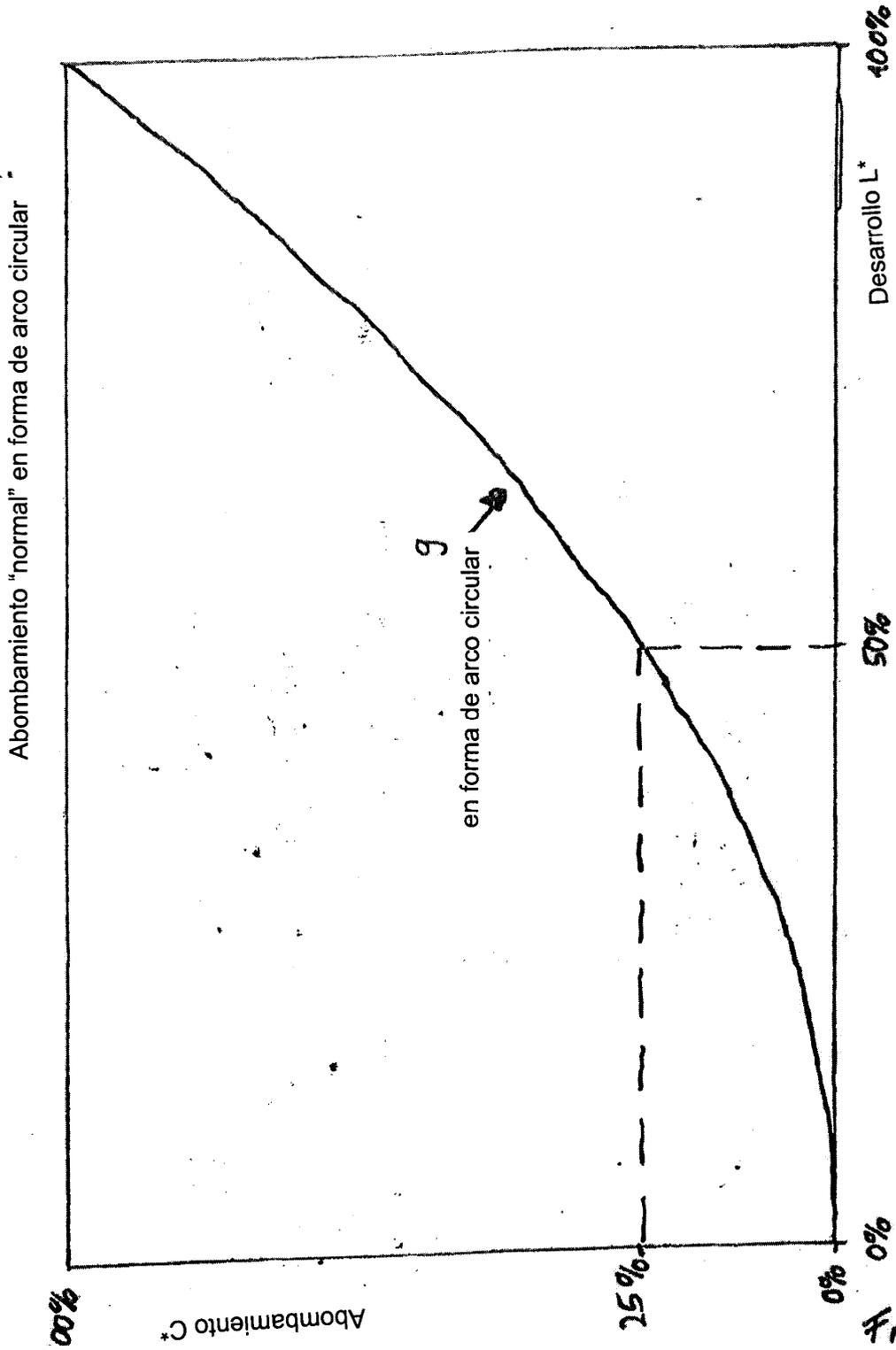
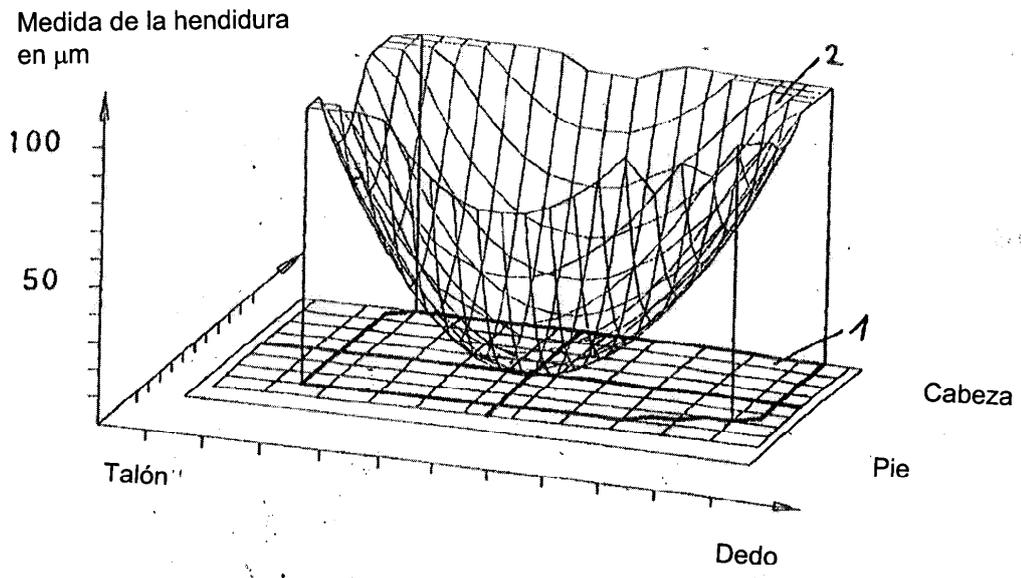


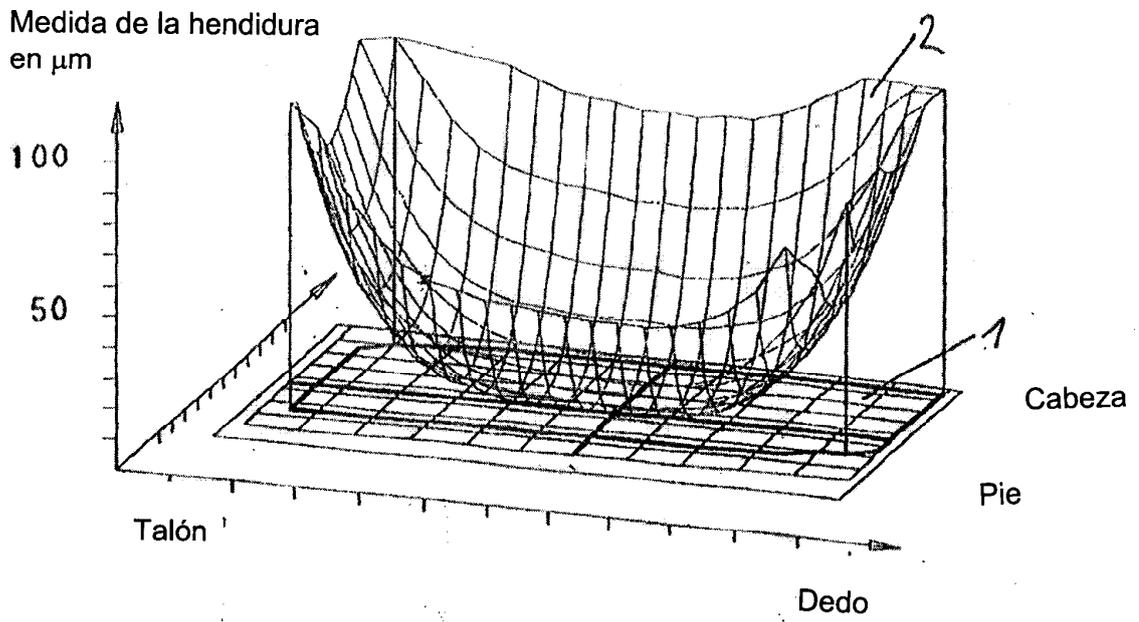
Fig. 6b



Corona diferencial

Fig. 7a

Medida máxima de la hendidura 100 μm



Corona diferencial

Fig. 7b

Medida máxima de la hendidura 100 μm

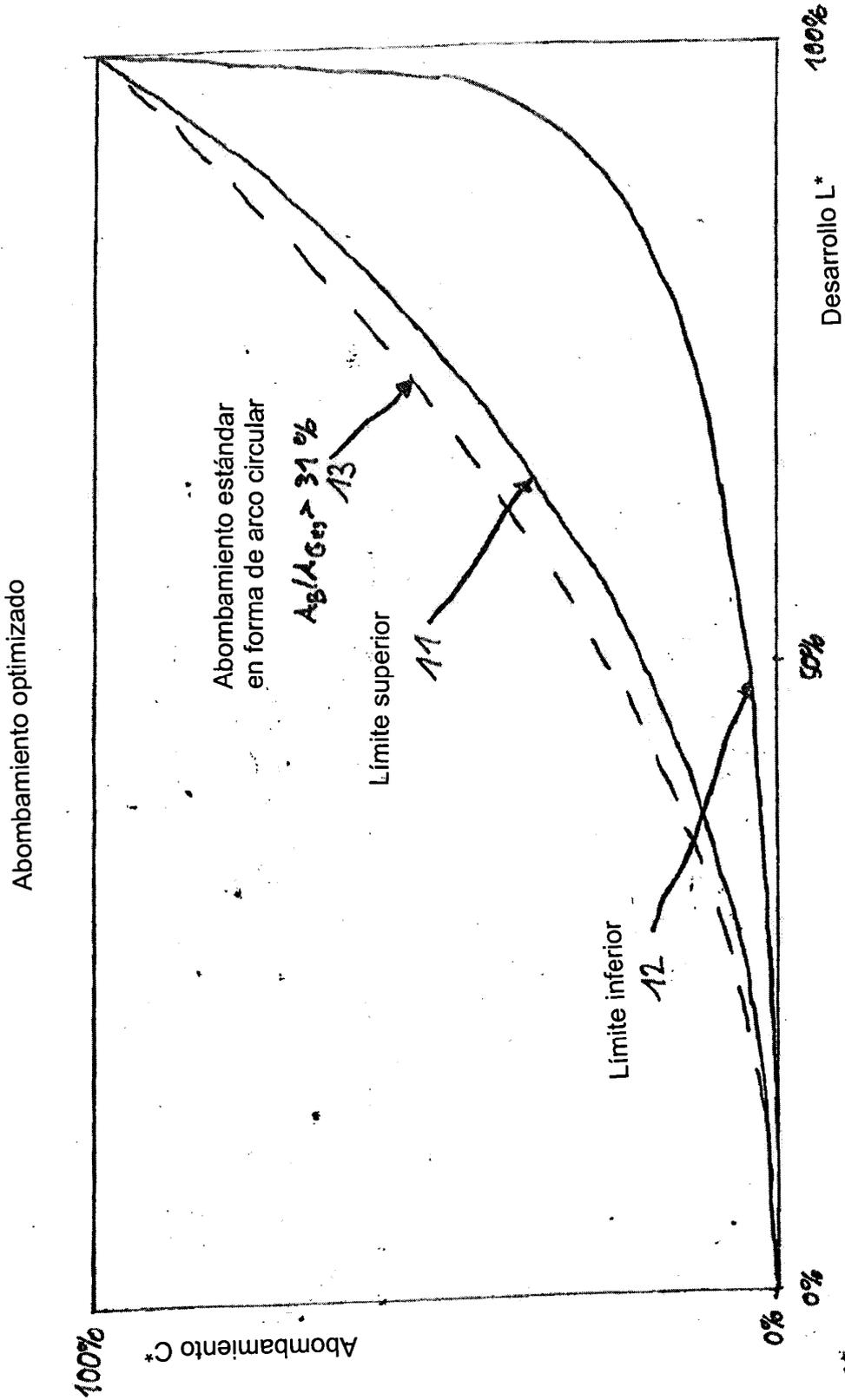


Fig. 8a

Abombamiento optimizado

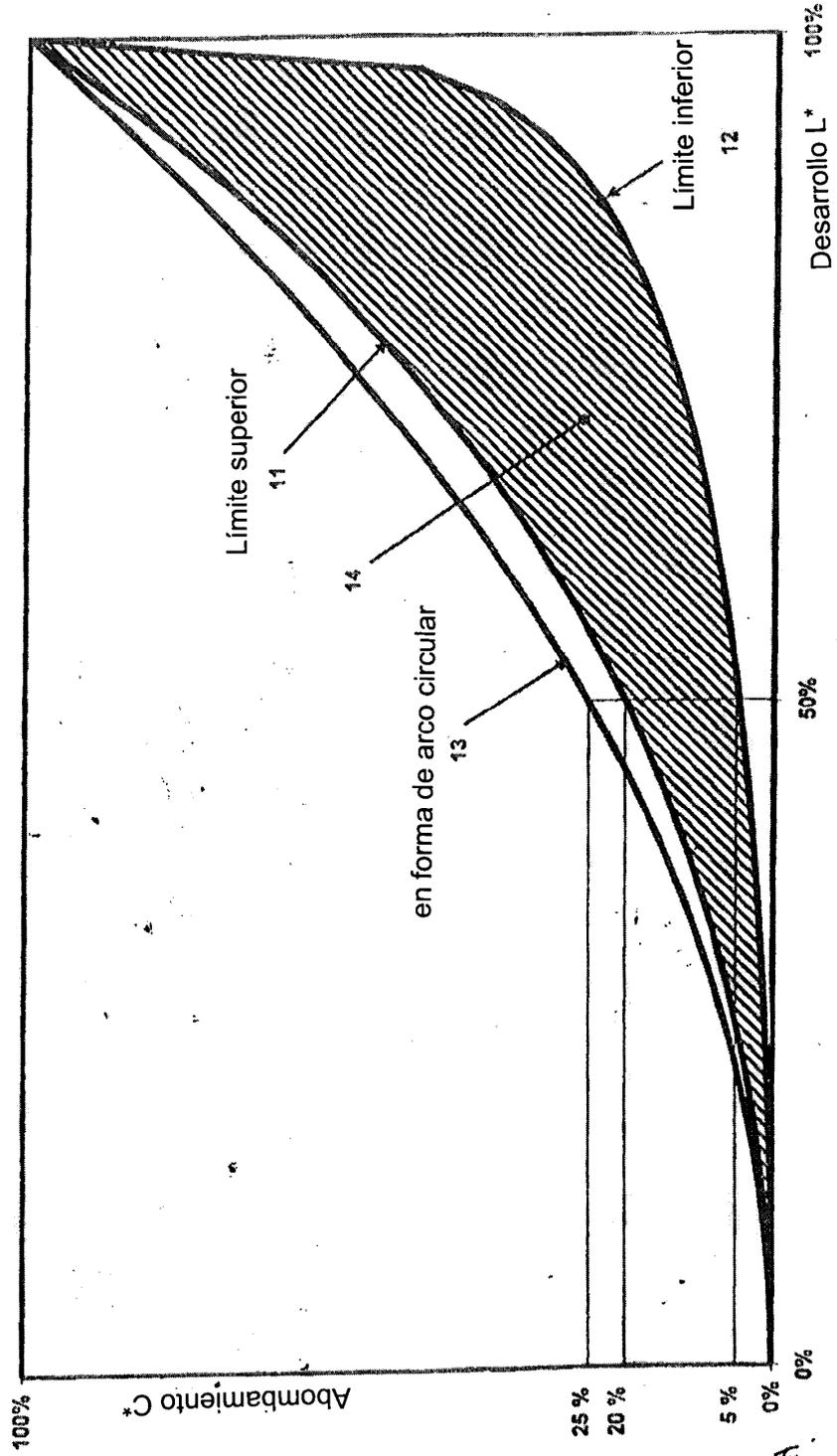


Fig. 8b

Representación de diferentes abombamientos

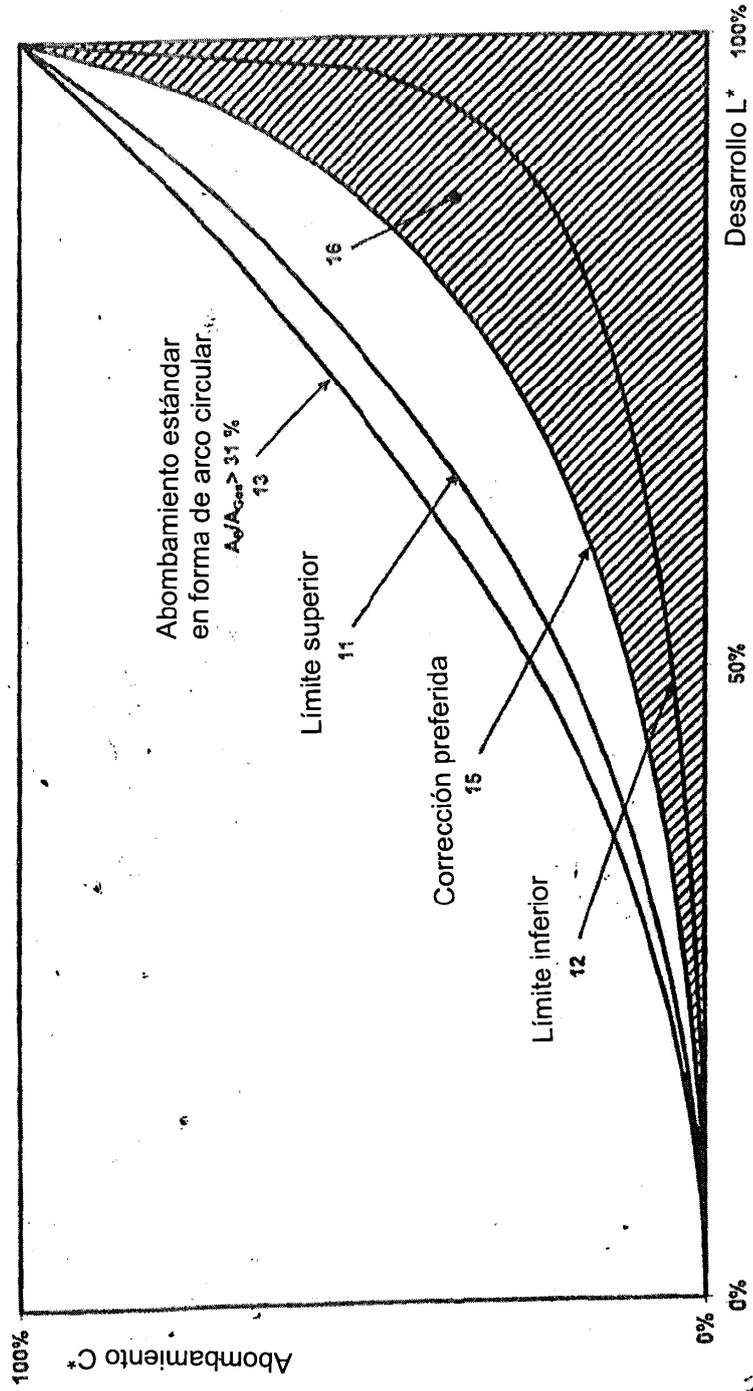


Fig. 9

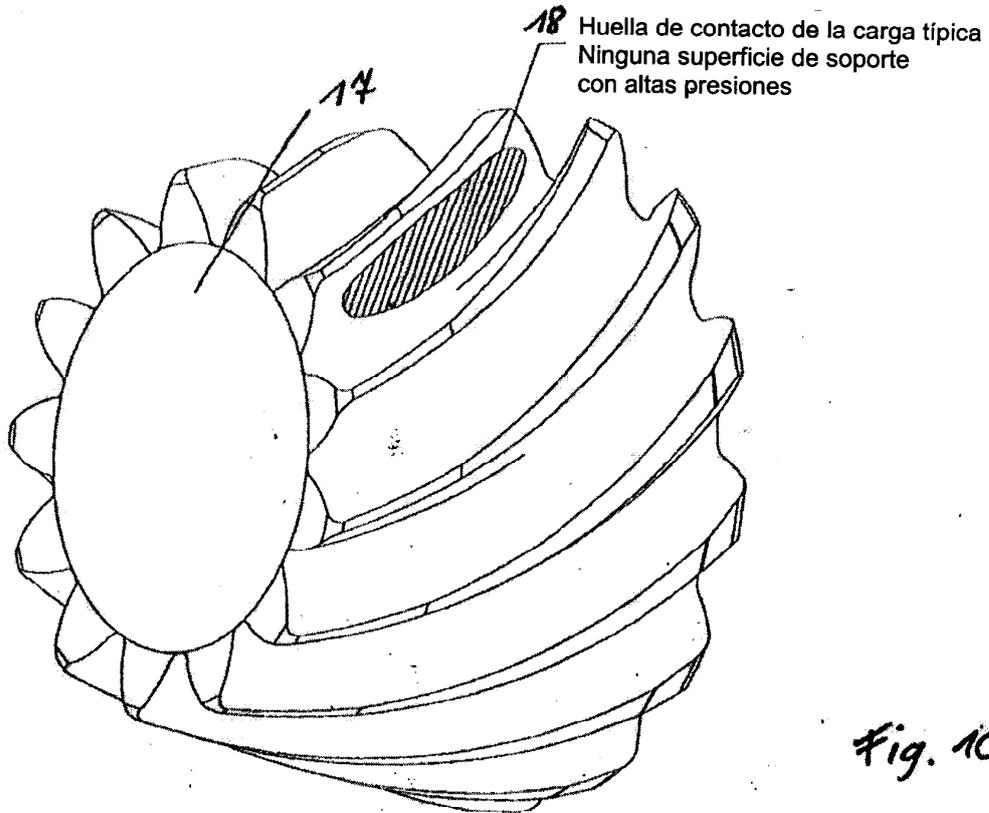


Fig. 10a

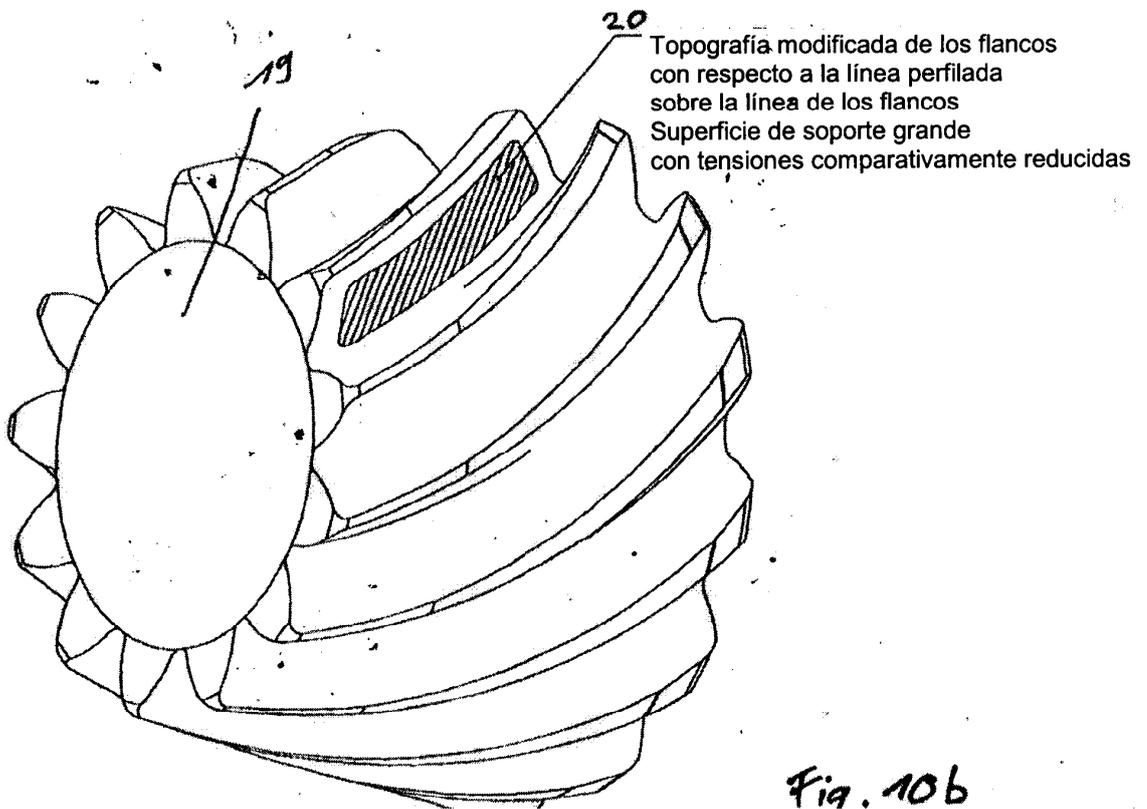


Fig. 10b