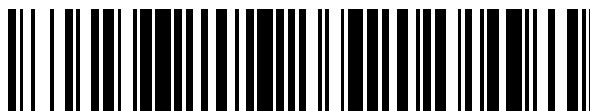


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 402**

51 Int. Cl.:

B29C 47/64	(2006.01)
B29B 7/48	(2006.01)
B29C 47/40	(2006.01)
B29C 47/38	(2006.01)
B29C 47/62	(2006.01)
B29C 47/60	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.06.2009 PCT/EP2009/004122**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2009 WO09152974**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2009 E 09765554 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2291279**

54 Título: **Elementos de husillo con aporte reducido de energía al aumentar la presión**

30 Prioridad:
20.06.2008 DE 102008029306

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.11.2018

73 Titular/es:
**COVESTRO DEUTSCHLAND AG (100.0%)
Kaiser-Wilhelm-Allee 60
51373 Leverkusen, DE**

72 Inventor/es:
**BIERDEL, MICHAEL;
KÖNIG, THOMAS y
LIESENFELDER, ULRICH**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 691 402 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

Elementos de husillo con aporte reducido de energía al aumentar la presión

5 La invención se refiere a elementos de husillo con perfiles de husillo novedosos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido para máquinas de husillo de varios árboles con árboles de husillo que giran en el mismo sentido por parejas y que realizan un rascado exacto por parejas y al uso de los elementos de husillo en máquinas de husillo de varios árboles. Se conocen ya desde hace mucho tiempo máquinas de dos o más árboles que giran en el mismo sentido, cuyos rotores realizan un rascado mutuo exacto, (véase, por ejemplo, el documento DP 862 668). En la fabricación de polímeros y en el procesamiento de polímeros, las máquinas de husillo que se basan en el principio de los perfiles que realizan un rascado exacto han experimentado un uso diverso. Esto se basa, sobre todo, en que las masas fundidas de polímeros se adhieren a las superficies y se degradan con el tiempo a las temperaturas de procesamiento habituales, lo que se impide mediante el efecto de autolimpieza de los husillos que realizan un rascado exacto. Las reglas para generar perfiles de husillo que realizan un rascado exacto se exponen, por ejemplo, en la publicación [1] en las páginas 96 - 109 ([1] = Klemens Kohlgrüber: Der gleichläufige Doppelschneckenextruder, editorial Hanser, Múnich, 2007). Se describe aquí también que un perfil de husillo predeterminado en el primer árbol de una extrusora de doble husillo determina el perfil de husillo en el segundo árbol de una extrusora de doble husillo. El perfil de husillo en el primer árbol de la extrusora de doble husillo se denomina, por tanto, perfil de husillo generador. El perfil de husillo en el segundo árbol de la extrusora de doble husillo se deriva del perfil de husillo del primer árbol de la extrusora de doble husillo y se denomina, por tanto, perfil de husillo generado. En una extrusora de varios árboles, el perfil de husillo generador y el perfil de husillo generado se insertan siempre de manera alterna en árboles adyacentes.

Las extrusoras de doble husillo modernas disponen de un sistema modular, en el que pueden colocarse diversos elementos de husillo sobre un árbol de núcleo. De este modo, el experto en la técnica puede adaptar la extrusora de doble husillo a la respectiva tarea de procedimiento.

25 Tal y como sabe el experto en la técnica y tal y como puede consultarse, por ejemplo, en [1] en las páginas 96 - 109, el conocido perfil de husillo de Erdmenger que engrana estrechamente, con autolimpieza y que gira en el mismo sentido está definido de manera unívoca por la indicación de las tres magnitudes número de filetes z , radio exterior de husillo r_a y distancia entre ejes a . El número de filetes z es un número entero, mayor que o igual a 1. Otra magnitud característica importante de un perfil de husillo es el radio de núcleo r_i . Otra magnitud característica importante de un perfil de husillo es la profundidad de filete h .

Las zonas de un perfil de husillo, que son iguales al radio exterior de husillo, se denominan zonas de cresta. Las zonas de un perfil de husillo, que son iguales al radio de núcleo, se denominan zonas de acanaladura. Las zonas de un perfil de husillo, que son menores que el radio exterior de husillo y mayores que el radio de núcleo, se denominan zonas de flanco. La zona de una extrusora de varios árboles, en la que se interpenetran dos perforaciones de camisa, se denomina zona de engranaje. Los dos puntos de intersección de las dos perforaciones de camisa se denominan puntos de engranaje de camisa.

40 El ángulo de cresta δ_{kw} de un perfil de husillo de Erdmenger de z filetes se calcula como $\delta_{kw} = \pi/z - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/r_a)$, entendiéndose por π el número pi ($\pi \approx 3,14159$) [1]. A partir de la fórmula para calcular el ángulo de cresta se deriva que el ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de 1 filete y de uno de 2 filetes se diferencia, para la misma distancia entre ejes y para el mismo radio exterior de husillo, en $\pi/2$. Si el radio de camisa r_g es igual al radio exterior r_a , entonces el ángulo de apertura δ_{gz} entre los dos puntos de engranaje de camisa se calcula como $\delta_{gz} = 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/r_a)$. Para perfiles de husillo de Erdmenger de un filete se deriva, a partir de ello, que la zona de engranaje, para una relación de radio exterior de husillo a distancia entre ejes menor que aprox. 0,707, está estanqueizada por la zona de cresta del perfil de husillo.

45 Las zonas de camisa en el entorno de los dos puntos de engranaje de camisa se denominan zona de engranaje de camisa. En el marco de las siguientes realizaciones, esta zona forma, en cada perforación de camisa, partiendo de cada uno de los dos puntos de engranaje de camisa, un ángulo δ_{gb} con respecto al centro de las perforaciones de camisa, que se calcula a partir de la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa: $\delta_{gb} = \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/r_a)$.

50 Además, en [1] se explican detalladamente la estructura, la función y el funcionamiento de extrusoras de dos y más árboles. Un capítulo (páginas 227 - 248) propiamente dicho está dedicado a los elementos de husillo y a su modo de acción. Aquí se explican detalladamente la estructura y la función de elementos transportadores, de amasado y de mezclado. Para hacer posible la transición entre elementos de husillo con diferente número de filetes, se utilizan con frecuencia arandelas como casquillos distanciadores. En casos especiales se utilizan denominados elementos de transición, que hacen posible una transición continua entre dos perfiles de husillo con diferente número de filetes, habiendo en cada punto de la transición un par de perfiles de husillo con autolimpieza.

60 En la patente DP 813154 se muestra un perfil de husillo de un filete, que engrana estrechamente, con autolimpieza y que gira en el mismo sentido. Tales perfiles de husillo tienen la ventaja de que la zona de cresta cierra la zona de engranaje, con lo cual los elementos transportadores que se basan en este perfil de husillo tienen una alta capacidad de aumento de presión. Tales perfiles de husillo tienen la desventaja de que la zona de cresta es muy grande, con lo cual se produce una carga térmica y mecánica no deseada de los fluidos viscosos que se están

procesando.

En las patentes US 4131371 A y DE 3412258 A1 se muestran perfiles de husillo excéntricos, de tres filetes, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido. La excentricidad se realiza siempre de tal manera que solo una cresta realiza un rascado de la camisa. Tales perfiles de husillo tienen la desventaja de que la zona de engranaje no se cierra, con lo cual la capacidad de aumento de presión de un elemento transportador basado en tales perfiles de husillo es baja.

En la patente DE 4239220 A1 se describe un perfil de husillo de tres filetes con autolimpieza, en el que el ángulo de cresta de las tres crestas tiene un tamaño diferente. Únicamente la cresta con el mayor ángulo de cresta toca la camisa. Tales perfiles de husillo tienen la desventaja de que la zona de engranaje no se cierra, con lo cual la capacidad de aumento de presión de un elemento transportador basado en tales perfiles de husillo es baja.

En la patente EP 2131 A1 se muestran, entre otros, perfiles de husillo que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido, en los que dos zonas de cresta realizan un rascado de la camisa y la distancia de una zona de flanco situada entre dos zonas de acanaladura con respecto a la camisa es menor que o igual a la mitad de la profundidad de filete. Tales perfiles de husillo tienen la desventaja de que la distancia de dicha zona de flanco con respecto a la camisa es tan baja que dicha zona de flanco actúa como un obstáculo para el flujo, que impide el aumento de presión de un elemento transportador basado en tales perfiles de husillo.

En el documento WO-A-0209919, que desvela el objeto del preámbulo de la reivindicación 1, se desvelan elementos de husillo con números de filetes superiores y fraccionarios, que pueden utilizarse como elementos de transición. Por lo tanto, partiendo del estado de la técnica, se plantea el objetivo de proporcionar elementos de husillo para máquinas de husillo de varios árboles que presenten al mismo tiempo un aumento de presión lo más alto posible, una sollicitación de producto térmica y mecánica lo más baja posible y una resistencia al flujo lo más baja posible.

Sorprendentemente se ha encontrado que el objetivo puede conseguirse mediante elementos de husillo con una sucesión definida de zonas de flanco, zonas de cresta y zonas de acanaladura.

El objeto de la invención se refiere, por tanto, a elementos de husillo novedosos para máquinas de husillo de varios árboles, presentando un perfil de husillo generador y uno generado una sucesión de zona de estanqueidad - zona de transición - zona de canal - zona de transición.

Por zona de estanqueidad se entiende una sucesión de zona de cresta - zona de flanco - zona de cresta. Por zona de canal se entiende una sucesión de zona de acanaladura - zona de flanco - zona de acanaladura. Por zona de transición se entiende una sucesión de zonas de perfil de husillo, que empieza con una zona de flanco y termina con una zona de flanco.

A este respecto, la zona de estanqueidad de elementos de husillo de acuerdo con la invención está caracterizada de acuerdo con la invención porque

□ la zona de flanco tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{fb1} , que es mayor que o igual a la mitad del ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb1} \geq \arccos(0,5*a/ra)$) y que, preferentemente, es mayor que o igual al ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb1} \geq 2*\arccos(0,5*a/ra)$),

□ una zona de cresta tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{kb1} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{kb1} \leq \pi - 4*\arccos(0,5*a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes ($\delta_{kb1} \leq \pi/2 - 2*\arccos(0,5*a/ra)$),

□ la otra zona de cresta tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{kb2} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{kb2} \leq \pi - 4*\arccos(0,5*a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes ($\delta_{kb2} \leq \pi/2 - 2*\arccos(0,5*a/ra)$),

La suma de los ángulos de las zonas de cresta y de flanco δ_{kb1} , δ_{kb2} y δ_{fb1} de la zona de estanqueidad se sitúa, preferentemente, en el intervalo de $0,75*\delta_{gz}$ a $2*\delta_{gb} + \delta_{gz}$. En una forma de realización especialmente preferida, la suma de los ángulos de las zonas de cresta y de flanco δ_{kb1} , δ_{kb2} y δ_{fb1} de la zona de estanqueidad se sitúa en el intervalo de δ_{gz} a $\delta_{gb} + \delta_{gz}$.

La zona de canal de elementos de husillo de acuerdo con la invención está caracterizada de acuerdo con la invención porque

□ la zona de flanco tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{fb2} , que es mayor que o igual a la mitad del ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb2} \geq \arccos(0,5*a/ra)$) y que, preferentemente, es mayor que o igual al ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb2} \geq 2*\arccos(0,5*a/ra)$), y la distancia mínima de la zona de flanco con respecto al radio de husillo ra es mayor que la mitad de la profundidad de filete h ,

□ una zona de acanaladura tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{nb1} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{nb1} \leq \pi - 4*\arccos(0,5*a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes ($\delta_{nb1} \leq \pi/2 - 2*\arccos(0,5*a/ra)$),

5 la otra zona de acanaladura tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{nb2} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{nb2} < \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes ($\delta_{nb2} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$),

La suma de los ángulos de las zonas de acanaladura y de flanco δ_{nb1} , δ_{nb2} y δ_{fb2} de la zona de canal se sitúa, preferentemente, en el intervalo de $0,75 \cdot \delta_{gz}$ a $2 \cdot \delta_{gb} + \delta_{gz}$. En una forma de realización especialmente preferida, la suma de los ángulos de las zonas de acanaladura y de flanco δ_{nb1} , δ_{nb2} y δ_{fb2} de la zona de canal se sitúa en el intervalo de δ_{gz} a $\delta_{gb} + \delta_{gz}$.

10 La zona de transición está caracterizada porque empieza con una zona de flanco y termina con una zona de flanco. Preferentemente, la zona de transición se compone de una sucesión de zona de flanco - zona de cresta - zona de flanco o de una sucesión de zona de flanco - zona de acanaladura - zona de flanco o de una sucesión de zona de flanco - zona de cresta - zona de flanco - zona de acanaladura - zona de flanco o de una sucesión de zona de flanco - zona de acanaladura - zona de flanco - zona de cresta - zona de flanco. En una forma de realización especialmente preferida, la zona de transición se compone de una zona de flanco. En este caso, la zona de transición empieza y termina con dicha zona de flanco.

20 La invención no se limita a elementos de husillo del modo de construcción modular habitual hoy en día de un husillo formado por elementos de husillo y árboles de núcleo, sino que también puede aplicarse en husillos con un modo de construcción macizo. Por tanto, por el término elementos de husillo han de entenderse también husillos con un modo de construcción macizo.

Los elementos de husillo de acuerdo con la invención pueden usarse como elementos transportadores, elementos de amasado y / o elementos de mezclado.

25 Un elemento transportador se caracteriza, de manera conocida, porque (véase por ejemplo [1], páginas 227 - 248) el perfil de husillo se torsiona y se prolonga helicoidalmente de manera continua en la dirección axial. A este respecto, el elemento transportador puede ser levógiro o dextrógiro. El paso del elemento transportador se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes, entendiéndose por paso la longitud axial necesaria para una revolución completa del perfil de husillo, y la longitud axial de un elemento transportador se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes.

30 Un elemento de amasado se caracteriza, de manera conocida, porque (véase por ejemplo [1], páginas 227 - 248) el perfil de husillo se prolonga en la dirección axial por escalones en forma de discos de amasado. La disposición de los discos de amasado puede realizarse a derechas o a izquierdas o de manera neutral. La longitud axial de los discos de amasado se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0,05 veces a 10 veces la distancia entre ejes. La distancia axial entre dos discos de amasado adyacentes se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0,002 veces a 0,1 veces la distancia entre ejes.

35 Los elementos de mezclado se forman, de manera conocida, (véase por ejemplo [1], páginas 227 - 248) realizando elementos transportadores con interrupciones en las crestas de husillo. Los elementos de mezclado pueden ser levógiros o dextrógiros. Su paso se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes y la longitud axial de los elementos se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes. Las interrupciones tienen, preferentemente, la forma de una acanaladura en forma de u o v, que están dispuestas, preferentemente, de manera que se prolongan la una hacia la otra o con ejes paralelos.

El experto en la técnica sabe que perfiles de husillo que realizan un rascado directo no pueden utilizarse directamente en una extrusora de doble husillo, sino que se requieren huelgos entre los husillos. Para ello se describen en [1], en las páginas 28 y sigs., diferentes posibles estrategias.

45 Para los perfiles de husillo de elementos de husillo de acuerdo con la invención pueden usarse huelgos en el intervalo de 0,001 a 0,1, con respecto al diámetro del perfil de husillo, preferentemente de 0,002 a 0,05 y de manera especialmente preferente de 0,004 a 0,02. Los huelgos pueden, tal como sabe el experto en la técnica, ser igual de grandes o tener tamaños diferentes entre husillo y camisa y entre husillo y husillo. Los huelgos pueden ser también constantes o, dentro de los límites indicados, variables. También es posible desplazar un perfil de husillo dentro de los huelgos. Estrategias posibles para huelgos son la posibilidad descrita en [1], en las páginas 28 y sigs., del aumento de la distancia entre ejes, las equidistancias en corte longitudinal y las equidistancias espaciales, todas las cuales las conoce el experto en la técnica. En el caso del aumento de la distancia entre ejes se construye un perfil de husillo de diámetro más pequeño y se separa el valor del huelgo entre los husillos. En cuanto al procedimiento de las equidistancias en corte longitudinal, se desplaza hacia dentro la curva de perfil en corte longitudinal (en paralelo al eje) la mitad del huelgo husillo-husillo. En cuanto al procedimiento de las equidistancias espaciales, partiendo de la curva espacial, sobre la cual se limpian por rozamiento los elementos de husillo, el elemento de husillo se hace más pequeño, en la dirección en perpendicular a las superficies del perfil que realiza un rascado exacto, la mitad del huelgo entre husillo y husillo. Preferentemente se usa la equidistancia en sección longitudinal y la equidistancia espacial, de manera especialmente preferente la equidistancia espacial. En general pueden generarse perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido mediante el

procedimiento general que se describe a continuación.

El procedimiento general para la generación de perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido con una distancia entre ejes a seleccionable entre los ejes de rotación de un perfil de husillo generador y de uno generado, está caracterizado porque el perfil de husillo generador lo forman n arcos de círculo y el perfil de husillo generado lo forman n' arcos de círculo, en donde

- 5 - el perfil de husillo generador y el perfil de husillo generado se sitúan en un plano,
- el eje de rotación del perfil de husillo generador y el eje de rotación del perfil de husillo generado son, en cada caso, perpendiculares a dicho plano de los perfiles de husillo, en donde el punto de intersección del eje de rotación del perfil de husillo generador con dicho plano se denomina centro de rotación del perfil de husillo generador y el punto de intersección del eje de rotación del perfil de husillo generado con dicho plano se denomina centro de rotación del perfil de husillo generado,
- 10 - se selecciona el número de arcos de círculo n del perfil de husillo generador, siendo n un número entero, mayor que o igual a 1,
- se elige un radio exterior r_a del perfil de husillo generador, pudiendo adoptar r_a un valor que es mayor que 0 ($r_a > 0$) y menor que o igual a la distancia entre ejes ($r_a \leq a$),
- 15 - se elige un radio de núcleo r_i del perfil de husillo generador, pudiendo adoptar r_i un valor que es mayor que o igual a 0 ($r_i \geq 0$) y menor que o igual a r_a ($r_i \leq r_a$),
- los arcos de círculo del perfil de husillo generador se disponen en o en contra del sentido de las agujas del reloj alrededor del eje de rotación del perfil de husillo generador conforme a las siguientes reglas de disposición, de tal manera que:
 - 20 todos los arcos de círculo del perfil de husillo generador se suceden tangencialmente, de tal manera que se obtiene un perfil de husillo cerrado, convexo, considerándose un arco de círculo, cuyo radio es igual a 0, como un arco de círculo cuyo radio es igual a ϵ , siendo ϵ un número real positivo muy pequeño, que tiende a 0 ($\epsilon \ll 1$, $\epsilon \rightarrow 0$),
 - 25 cada uno de los arcos de círculo del perfil de husillo generador se sitúa dentro de o en los límites de un anillo circular con el radio exterior r_a y el radio de núcleo r_i , cuyo centro se sitúa sobre el centro de rotación del perfil de husillo generador,
 - al menos uno de los arcos de círculo del perfil de husillo generador toca el radio exterior r_a del perfil de husillo generador,
 - 30 al menos uno de los arcos de círculo del perfil de husillo generador toca el radio de núcleo r_i del perfil de husillo generador,
- el tamaño de un primer arco de círculo del perfil de husillo generador, que viene dado por un ángulo α_1 y un radio r_1 , se selecciona de tal manera que el ángulo α_1 en radianes es mayor que o igual a 0 y menor que o igual a 2π , debiendo entenderse por π el número pi ($\pi \approx 3,14159$), y siendo el radio r_1 mayor que o igual a 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes a, y estableciéndose la posición de este primer arco de círculo del perfil de husillo generador, que se obtiene por el posicionamiento de dos puntos distintos de este primer arco de círculos, conforme a dichas reglas de disposición, siendo un primer punto que ha de posicionarse de este primer arco de círculo, preferentemente, un punto de inicio perteneciente a este primer arco de círculo y siendo un segundo punto que ha de posicionarse de este primer arco de círculo, preferentemente, el centro perteneciente a este primer arco de círculo,
- 35 - los tamaños de los demás n-2 arcos de círculo del perfil de husillo generador, que vienen dados por los ángulos $\alpha_2, \dots, \alpha_{(n-1)}$ y los radios $r_2, \dots, r_{(n-1)}$, se seleccionan de tal manera que los ángulos $\alpha_2, \dots, \alpha_{(n-1)}$ sean, en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a 2π y que los radios $r_2, \dots, r_{(n-1)}$ sean mayor que o igual a 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes a, y las posiciones de estos otros n-2 arcos de círculo del perfil de husillo generador se establecen conforme a dichas reglas de disposición,
- 40 - el tamaño de un último arco de círculo del perfil de husillo generador, que viene dado por un ángulo α_n y un radio r_n , se obtiene porque la suma de los n ángulos de los n arcos de círculo del perfil de husillo generador es, en radianes, igual a 2π , siendo el ángulo α_n , en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a 2π , y cerrando el radio r_n el perfil de husillo generador, siendo el radio r_n mayor que o igual a 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes a, y estableciéndose la posición de este último arco de círculo del perfil de husillo generador conforme a dichas reglas de disposición,
- 45 - los n' arcos de círculo del perfil de husillo generado se obtienen a partir de los n arcos de círculo del perfil de husillo generador porque
 - 50 el número de arcos de círculo n' del perfil de husillo generado es igual al número de arcos de círculo n del perfil de husillo generador, siendo n' un número entero,
 - el radio exterior r_a' del perfil de husillo generado es igual a la diferencia de la distancia entre ejes menos el radio de núcleo r_i del perfil de husillo generador ($r_a' = a - r_i$),
 - el radio de núcleo r_i' del perfil de husillo generado es igual a la diferencia de la distancia entre ejes menos el radio exterior r_a del perfil de husillo generador ($r_i' = a - r_a$),
 - 55 el ángulo α_i' del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado es igual al ángulo α_i del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador, siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n' ($\alpha_1' = \alpha_1$, □□□□

$\alpha_{n'} = \alpha_n$,

□ la suma del radio $r_{i'}$ del i' -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado y del radio r_i del i -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador es igual a la distancia entre ejes a , siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n' ($r_{i'} + r_{i-1} = a, \dots, r_{n'} + r_n = a$),

□ el centro del i' -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado tiene una distancia con respecto al centro del i -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador, que es igual a la distancia entre ejes a , y el centro del i' -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado tiene una distancia con respecto al centro de rotación del perfil de husillo generado, que es igual a la distancia del centro del i -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador con respecto al centro de rotación del perfil de husillo generador, y la línea de unión entre el centro del i' -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado y el centro del i -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador es una paralela a una línea de unión entre el centro de rotación del perfil de husillo generado y el centro de rotación del perfil de husillo generador, siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n' ($i' = i$),

o un punto de inicio del i' -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado se sitúa en una dirección con respecto al centro del i' -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado, que es opuesta a la dirección que tiene un punto de inicio del i -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador con respecto al centro del i -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador, siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n' ($i' = i$).

A partir del procedimiento general para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido se deriva, para el perfil de husillo generado, que

- el perfil de husillo generado está cerrado,
- el perfil de husillo generado es convexo,
- cada uno de los arcos de círculo del perfil de husillo generado se suceden tangencialmente en el arco de círculo subsiguiente del perfil de husillo generado, considerándose un arco de círculo, cuyo radio es igual a 0, como un arco de círculo cuyo radio es igual a ϵ , siendo ϵ un número real positivo muy pequeño, que tiende a 0 ($\epsilon \ll 1, \epsilon \rightarrow 0$),
- cada uno de los arcos de círculo del perfil de husillo generado se sitúa dentro de o en los límites de un anillo circular con el radio exterior r_a' y el radio de núcleo r_i' , cuyo centro se sitúa sobre el centro de rotación del perfil de husillo generado,
- al menos uno de los arcos de círculo del perfil de husillo generado toca el radio exterior r_a' del perfil de husillo generado,
- al menos uno de los arcos de círculo del perfil de husillo generado toca el radio de núcleo r_i' del perfil de husillo generado.

A partir del procedimiento general para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido se deriva, además, que solo en el caso en el que el radio de núcleo r_i del perfil de husillo generador es igual a la diferencia de la distancia entre ejes a menos el radio exterior r_a del perfil de husillo generador ($r_i = a - r_a$), el radio exterior r_a' del perfil de husillo generado es igual al radio exterior r_a del perfil de husillo generador y el radio de núcleo r_i' del perfil de husillo generado es igual al radio de núcleo r_i del perfil de husillo generador.

Si el perfil de husillo generador tiene un arco de círculo con el radio $r_i = 0$, el perfil de husillo presenta entonces en lugar del arco de círculo un acodamiento, cuyo tamaño está caracterizado por el ángulo α_i . Si el perfil de husillo generado tiene un arco de círculo con el radio $r_{i'} = 0$, el perfil de husillo presenta entonces en lugar del arco de círculo un acodamiento, cuyo tamaño está caracterizado por el ángulo $\alpha_{i'}$.

El procedimiento general para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido está caracterizado, además, porque puede realizarse solamente con escuadra y compás. Así, la transición tangencial entre el i -ésimo y el $(i+1)$ -ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador se construye trazando alrededor del punto final del i -ésimo arco de círculo un círculo con el radio $r_{(i+1)}$ y el punto de intersección, situado más próximo al centro de rotación del perfil de husillo generador, de este círculo con la recta definida por el centro y el punto final del i -ésimo arco de círculo es el centro del $(i+1)$ -ésimo arco de círculo. En la práctica, en lugar de escuadra y compás, se usa un programa informático para la construcción de los perfiles de husillo.

Los perfiles de husillo generados según el procedimiento general son independientes con un número de filetes z .

El perfil de husillo generado puede no ser igual al perfil de husillo generador. Como entenderá fácilmente el experto en la técnica con ayuda de las realizaciones, el procedimiento general es apto, en particular, para generar elementos de transición entre elementos de husillo con diferente número de filetes. Partiendo de un perfil de husillo de z filetes es posible modificar el perfil de husillo generador y el generado gradualmente, de modo que, finalmente, se obtenga un perfil de husillo con un número de filetes z' distinto de z . En este caso se admite reducir o aumentar el número de arcos de círculo durante la transición.

Perfiles de husillo típicos usados en la práctica se caracterizan porque el perfil de husillo generador y el generado son idénticos para un número de filetes impar y, para un número de filetes par, el perfil de husillo generado puede hacerse coincidir, tras una revolución del perfil de husillo generado generador o del generado con un ángulo de π/z , con el perfil de husillo generador. Tales perfiles de husillo conocidos según el estado de la técnica con el número de filetes z están caracterizados porque presentan exactamente z planos de simetría, que son perpendiculares al plano del perfil de husillo generador y pasan por el eje de rotación del perfil de husillo generador. Esto se aplica de manera análoga para el perfil de husillo generado. Los perfiles de husillo se componen, en cada caso, de $2 \cdot z$ segmentos con un ángulo de segmento de π/z con respecto al respectivo centro de rotación del perfil de husillo correspondiente, que pueden hacerse coincidir entre sí por revolución o por reflexión con respecto a los planos de simetría. Tales perfiles de husillo se denominan simétricos. En un primer procedimiento especial para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido hay un número de filetes z , que divide los perfiles de husillo en $2 \cdot z$ segmentos. Con este primer procedimiento especial pueden generarse, sin embargo, no solo perfiles de husillo simétricos, en los que los $2 \cdot z$ segmentos pueden hacerse coincidir entre sí por revolución y / o reflexión con respecto a los planos de simetría, sino también asimétricos.

Este primer procedimiento especial está caracterizado porque

- se selecciona un número de filetes z , siendo z un número entero, mayor que o igual a 1,
- se selecciona el número de arcos de círculo n del perfil de husillo generador, de modo que sea un múltiplo entero p de $4 \cdot z$,
- se divide el perfil de husillo generador en $2 \cdot z$ segmentos, que están caracterizados porque

□ cada segmento está delimitado por dos rectas, que forman entre sí un ángulo, en radianes, de π/z y que intersecan en el centro de rotación del perfil de husillo generador, denominándose estas dos rectas límites de segmento, debiendo entenderse por π el número pi ($\pi \approx 3,14159$),

□ cada uno de estos $2 \cdot z$ segmentos se subdivide en una primera y una segunda parte,

□ la primera parte de un segmento la forman p arcos de círculo, que están numerados en orden creciente o decreciente,

□ se seleccionan ángulos $\alpha_1, \dots, \alpha_p$ pertenecientes a los p arcos de círculo, de modo que la suma de estos ángulos sea igual a $\pi/(2 \cdot z)$, siendo los ángulos $\alpha_1, \dots, \alpha_p$, en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a $\pi/(2 \cdot z)$,

□ la segunda parte de un segmento la forman p' arcos de círculo, que están numerados en orden inverso a los arcos de círculo de la primera parte de un segmento, siendo p' un número entero que es igual a p ,

□ los ángulos $\alpha_{p'}, \dots, \alpha_{1'}$ pertenecientes a los p' arcos de círculo están determinados porque el ángulo α_j' del j' -ésimo arco de círculo de la segunda parte de un segmento es igual al ángulo α_j del j -ésimo arco de círculo de la primera parte de un segmento, siendo j y j' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo p o p' ($\alpha_{1'} = \alpha_1, \dots, \alpha_{p'} = \alpha_p$),

□ la suma del radio r_j' del j' -ésimo arco de círculo de la segunda parte de un segmento y del radio r_j del j -ésimo arco de círculo de la primera parte de un segmento es igual a la distancia entre ejes a , siendo j y j' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo p o p' ($r_{1'} + r_1 = a, \dots, r_{p'} + r_p = a$),

□ un centro perteneciente al arco de círculo con el que comienza el perfil de husillo en la primera parte de un segmento y un punto de inicio perteneciente al mismo se sitúan, dependiendo de la disposición de los arcos de círculo en o en contra del sentido de las agujas del reloj, sobre uno de los límites de segmento de este segmento,

□ un punto final perteneciente al arco de círculo con el que termina el perfil de husillo en la primera parte de un segmento, es tangente a una recta FP en un punto, siendo la recta FP perpendicular a la bisectriz de los dos límites de segmento de este segmento y teniendo una distancia con respecto al centro de rotación del perfil de husillo generador en dirección a este segmento, que es igual a la mitad de la distancia entre ejes, pasando la bisectriz, al igual que los límites de segmento, por el centro de rotación del perfil de husillo generador.

A partir de este primer procedimiento especial para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido con un número de filetes z se deriva, para el perfil de husillo generado, que cada uno de los segmentos del perfil de husillo generado está construido de tal manera que los radios de los arcos de círculo del perfil de husillo generado son, en orden inverso, igual a los radios de los arcos de círculo del perfil de husillo generador.

Los perfiles de husillo, que se generan de acuerdo con el primer procedimiento especial, se componen de $2 \cdot z$ segmentos, que pueden ser diferentes unos de otros. Si los segmentos son diferentes unos de otros, se trata de perfiles de husillo asimétricos.

En los perfiles de husillo simétricos, todos los $2 \cdot z$ segmentos pueden hacerse coincidir por revolución y / o por reflexión con respecto a los límites de segmento. Los límites de segmento se sitúan entonces sobre las rectas de

intersección de los planos de simetría del respectivo perfil con el plano en el que se sitúa el perfil. Se obtiene de este modo un segundo procedimiento especial para generar perfiles de husillo planos, simétricos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido con un número de filetes z . Este segundo procedimiento especial está caracterizado porque

- 5 - se establece solo un primer segmento del perfil de husillo generador, y
 - los demás segmentos se generan por reflexión consecutiva con respecto a los límites de segmento.

También los procedimientos especiales están caracterizados porque pueden realizarse solamente con escuadra y compás. Así, la transición tangencial entre el j -ésimo y el $(j+1)$ -ésimo arco de círculo de la primera parte de un segmento del perfil de husillo generador se construye trazando alrededor del punto final del j -ésimo arco de círculo un círculo con el radio $r_{(j+1)}$ y punto de intersección, situado más próximo al centro de rotación del perfil de husillo generador, de este círculo con la recta definida por el centro y el punto final del j -ésimo arco de círculo es el centro del $(j+1)$ -ésimo arco de círculo. Además, en caso de numeración creciente de los arcos de círculo, el p -ésimo arco de círculo de la primera parte de un segmento del perfil de husillo generador se construye situando en el punto final del $(p-1)$ -ésimo arco de círculo una tangente al $(p-1)$ -ésimo arco de círculo, el punto de intersección de la tangente con la recta FP es el centro de un círculo, cuyo radio es igual a la longitud del tramo entre el punto final del $(p-1)$ -ésimo arco de círculo y el punto de intersección de la tangente con la recta FP, y siendo el punto de intersección, situado en la dirección del sentido de las agujas del reloj seleccionado, del círculo con la recta FP el punto de contacto buscado del punto final del p -ésimo arco de círculo con la recta FP. En la práctica, en lugar de escuadra y compás, se usa un programa informático para la construcción de los perfiles de husillo.

10 Como entenderá fácilmente el experto en la técnica con ayuda de las realizaciones, los procedimientos especiales también son aptos para generar elementos de transición entre elementos de husillo con igual número de filetes. Partiendo de un perfil de husillo de z filetes es posible obtener otro perfil de husillo con z filetes, modificando el perfil de husillo en la transición gradualmente. En este caso se admite reducir o aumentar el número de arcos de círculo durante la transición.

25 Tanto el procedimiento general como los procedimientos especiales son aptos para generar perfiles de elementos de husillo de acuerdo con la invención. Para ello, los arcos de círculo para la representación del perfil de husillo generador y el generado han de disponerse de modo que los perfiles de husillo se compongan de la sucesión zona de estanqueidad - zona de transición - zona de canal - zona de transición.

30 En este caso, para la zona de estanqueidad que se compone de una sucesión de zona de cresta - zona de flanco - zona de cresta es válido, preferentemente, que

□ la zona de flanco tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{fb1} , que es mayor que o igual a la mitad del ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb1} \geq \arccos(0,5 \cdot a/ra)$) y que, preferentemente, es mayor que o igual al ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb1} \geq 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$),

35 □ una zona de cresta tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{kb1} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{kb1} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes ($\delta_{kb1} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$),

40 □ la otra zona de cresta tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{kb2} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{kb2} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes ($\delta_{kb2} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$),

45 La suma de los ángulos de las zonas de cresta y de flanco δ_{kb1} , δ_{kb2} y δ_{fb1} de la zona de estanqueidad se sitúa, preferentemente, en el intervalo de $0,75 \cdot \delta_{gz}$ a $2 \cdot \delta_{gb} + \delta_{gz}$. En una forma de realización especialmente preferida, la suma de los ángulos de las zonas de cresta y de flanco δ_{kb1} , δ_{kb2} y δ_{fb1} de la zona de estanqueidad se sitúa en el intervalo de δ_{gz} a $\delta_{gb} + \delta_{gz}$.

50 Para la zona de canal que se compone de una sucesión de zona de acanaladura - zona de flanco - zona de acanaladura es válido, preferentemente, que

□ la zona de flanco tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{fb2} , que es mayor que o igual a la mitad del ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb2} \geq \arccos(0,5 \cdot a/ra)$) y que, preferentemente, es mayor que o igual al ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{fb2} \geq 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$), y la distancia mínima de la zona de flanco con respecto al radio de husillo ra es mayor que la mitad de la profundidad de filete h ,

55 □ una zona de acanaladura tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{nb1} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{nb1} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes

$(\delta_{nb1} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra))$,

- la otra zona de acanaladura tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{nb2} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa ($\delta_{nb2} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$) y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes ($\delta_{nb2} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$),

La suma de los ángulos de las zonas de acanaladura y de flanco δ_{nb1} , δ_{nb2} y δ_{fb2} de la zona de canal se sitúa, preferentemente, en el intervalo de $0,75 \cdot \delta_{gz}$ a $2 \cdot \delta_{gb} + \delta_{gz}$. En una forma de realización especialmente preferida, la suma de los ángulos de las zonas de acanaladura y de flanco δ_{nb1} , δ_{nb2} y δ_{fb2} de la zona de canal se sitúa en el intervalo de δ_{gz} a $\delta_{gb} + \delta_{gz}$.

La zona de transición está caracterizada porque empieza con una zona de flanco y termina con una zona de flanco. Preferentemente, la zona de transición se compone de una sucesión de zona de flanco - zona de cresta - zona de flanco o de una sucesión de zona de flanco - zona de acanaladura - zona de flanco o de una sucesión de zona de flanco - zona de cresta - zona de flanco - zona de acanaladura - zona de flanco o de una sucesión de zona de flanco - zona de acanaladura - zona de flanco - zona de cresta - zona de flanco. En una forma de realización especialmente preferida, la zona de transición se compone de una zona de flanco. En este caso, la zona de transición empieza y termina con dicha zona de flanco.

Se recomienda llevar a cabo dicho procedimiento para generar perfiles de husillo en un ordenador. Las dimensiones de los elementos de husillo se presentarán entonces en un formato en el que pueden suministrarse a una fresadora CAD para generar los elementos de husillo. Una vez generado el perfil de la manera descrita, los elementos de husillo de acuerdo con la invención pueden generarse, por ejemplo, con una fresadora. Los materiales preferidos para generar los elementos de husillo son acero, en particular acero para nitrurar y acero fino.

Es un objeto de la presente invención, además, el uso de los elementos de husillo de acuerdo con la invención en máquinas de husillo de varios árboles. Preferentemente, los elementos de husillo de acuerdo con la invención se utilizan en máquinas de husillo de dos árboles. Los elementos de husillo pueden estar presentes en las máquinas de husillo de varios árboles en forma de elementos de amasado o transportadores. Es igualmente posible combinar entre sí elementos de amasado y transportadores en una máquina de husillo. Los elementos de husillo de acuerdo con la invención también pueden combinarse con otros elementos de husillo, conocidos según el estado de la técnica.

Los elementos de husillo novedosos de acuerdo con la invención se caracterizan porque no presentan las desventajas arriba mencionadas de los elementos de husillo conocidos según el estado de la técnica. En particular, los elementos de husillo de acuerdo con la invención permiten estandarizar la zona de engranaje al encontrarse en cada caso una zona de cresta en, en cada caso, una zona de engranaje de camisa, con lo cual la capacidad de aumento de presión de elementos transportadores basados en tales perfiles de husillo es grande.

Una forma de realización preferente de los elementos de husillo de acuerdo con la invención no dispone, en la medida de lo posible, de ninguna zona de cresta, con lo cual se minimiza la carga de producto térmica y mecánica.

En una forma de realización preferida de elementos de husillo de acuerdo con la invención, la zona de flanco situada entre dos zonas de acanaladura presenta una distancia con respecto a la camisa que es mayor que la mitad de la profundidad de filete, con lo cual la resistencia al flujo se mantiene pequeña.

En una forma de realización preferida, los elementos de husillo objeto de la invención presentan, para todos los árboles de una extrusora de varios árboles o los dos árboles de una extrusora de dos árboles, un perfil de husillo idéntico.

A continuación se explicará más detalladamente la invención con ayuda de las figuras pero sin que esté limitada a las mismas. Todas las figuras se han generado con ayuda de un programa informático.

De manera razonable, para la generación y / o para la descripción de perfiles y elementos de husillo se usan números adimensionales, para que sea más fácil trasladarlos a diferentes tamaños de extrusora. Como magnitud de referencia para las magnitudes geométricas, como por ejemplo, longitudes o radios, es útil la distancia entre ejes a , ya que esta magnitud no puede modificarse en una extrusora. Para la distancia entre ejes adimensional se deduce que $A=a/a=1$. Para el radio exterior de husillo adimensional de un perfil de husillo se deduce que $RA=ra/a$. El radio de núcleo adimensional de un perfil de husillo se calcula como $RI=ri/a$. La profundidad de filete adimensional de un perfil de husillo se calcula como $H=h/a=RA-RI$.

En las figuras se usan todas las magnitudes geométricas en su forma adimensional. Todas las indicaciones angulares se obtienen en radianes.

La **figura 25** muestra en corte transversal la mitad de un perfil de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención. En el centro de la figura se sitúa el sistema de coordenadas xy , en cuyo origen se encuentra el centro de rotación del perfil de husillo. Los arcos de círculo del perfil de husillo están caracterizados por líneas gruesas

continuas, que están dotadas de los respectivos números de arcos de círculo. Los centros de los arcos de círculo se representan mediante círculos pequeños. Los centros de los arcos de círculo están unidos con líneas delgadas, continuas, tanto con el punto de inicio como con el punto final del arco de círculo correspondiente. La recta FP se representa mediante una línea delgada de puntos. El radio exterior de husillo RA se caracteriza por una línea delgada, discontinua, cuyo valor número se indica a la derecha abajo en la figura con cuatro cifras significativas. A la derecha, junto a las figuras, se indican para cada arco de círculo el radio R, el ángulo α y las coordenadas x e y del centro del arco de círculo Mx y My en cada caso con cuatro cifras significativas. Mediante estos datos se define el perfil de husillo de manera unívoca. El perfil de husillo presenta simetría especular respecto al eje x, de modo que se obtendría el perfil de husillo completo por reflexión de la mitad mostrada con respecto al eje x.

Las zonas de un perfil de husillo, que son iguales al radio exterior de husillo, se denominan zonas de cresta. En el ejemplo de la figura 25 se trata solamente del arco de círculo 3' que toca el radio exterior de husillo. Tiene un radio de $R_{3'}=0$, es decir que presenta en este punto el perfil de un acodamiento. El centro del arco de círculo 3' coincide con el acodamiento. El "tamaño del acodamiento" viene dado por el ángulo $\alpha_{3'}$ ($\alpha_{3'}=0,8501$), es decir que la transición del arco de círculo 3 al arco de círculo 2' se realiza por rotación alrededor del ángulo $\alpha_{3'}$. O dicho de otro modo: una tangente con el arco de círculo 3 en el centro del arco de círculo 3' interseca una tangente con el arco de círculo 2' igualmente en el centro del arco de círculo 3' con un ángulo de $\alpha_{3'}$. Sin embargo, considerando el arco de círculo 3', todos los arcos de círculo adyacentes $3 \rightarrow 3'$, $3' \rightarrow 2'$ se suceden tangencialmente.

Las zonas de un perfil de husillo, que son iguales al radio de núcleo, se denominan zonas de acanaladura. En el ejemplo de la figura 25 se trata solamente de un punto N sobre el arco de círculo 3. El punto N se obtiene situando una recta G por el centro M_3 del arco de círculo 3 y por el centro de rotación del perfil. Esta recta G interseca el arco de círculo 3 en el punto N.

Las zonas de un perfil de husillo, que son menores que el radio exterior de husillo y mayores que el radio de núcleo, se denominan zonas de flanco. En el ejemplo de la figura 25 se trata del arco de círculo 1, del arco de círculo 2, del arco de círculo 2', del arco de círculo 1' y del arco de círculo 3 a excepción del punto N. En este sentido, para el segmento de perfil mostrado que empieza con el arco de círculo 1' y termina con el arco de círculo 1, puede entenderse la siguiente sucesión de zonas: flanco - flanco - cresta - flanco - acanaladura - flanco - flanco - flanco.

Las zonas se copian, debido a la simetría axial del perfil, por reflexión con respecto al eje x. De este modo se obtiene el perfil completo con la sucesión: A - U - K - U, en donde A significa una zona de estanqueidad, U una zona de transición y K una zona de canal. La zona de estanqueidad presenta una sucesión de zona de cresta - zona de flanco - zona de cresta. La zona de canal presenta una sucesión de zona de acanaladura - zona de flanco - zona de acanaladura. La zona de transición presenta una zona de flanco.

La zona de estanqueidad está caracterizada porque el perfil de husillo presenta un acodamiento en la transición de la zona de flanco a la zona de cresta. Además, el perfil de husillo de esta figura está caracterizado porque la transición de la zona de estanqueidad a la zona de transición presenta un acodamiento. La distancia adimensional más pequeña de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA adimensional asciende a 0,1001 y es, por tanto, mayor que la mitad de la profundidad de filete $H/2=0,08$ adimensional.

A continuación se exponen otros elementos de husillo de acuerdo con la invención. A este respecto, por motivos de claridad, se prescinde en las figuras de la indicación de las zonas (zona de flanco, zona de cresta, zona de acanaladura, zona de estanqueidad, zona de canal, zona de transición). Las figuras incluyen, sin embargo, todas las indicaciones a partir de las cuales puede efectuarse la determinación de las zonas. Además, las magnitudes tales como ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa y ángulo de cresta pueden calcularse fácilmente con ayuda de las indicaciones en las figuras.

Las figuras 1 a 13 muestran en cada caso en corte transversal la mitad de un perfil de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención. Todas estas figuras presentan la misma estructura, que se describe a continuación en detalle. En el centro de las figuras se sitúa el sistema de coordenadas xy, en cuyo origen se encuentra el centro de rotación del perfil de husillo. Los arcos de círculo del perfil de husillo están caracterizados por líneas gruesas continuas, que están dotadas de los respectivos números de arcos de círculo. Los centros de los arcos de círculo se representan mediante círculos pequeños. Los centros de los arcos de círculo están unidos con líneas delgadas, continuas, tanto con el punto de inicio como con el punto final del arco de círculo correspondiente. La recta FP se representa mediante una línea delgada de puntos. El radio exterior de husillo RA se caracteriza por una línea delgada, discontinua, cuyo valor número se indica a la derecha abajo en la figura con cuatro cifras significativas. A la derecha, junto a las figuras, se indican para cada arco de círculo el radio R, el ángulo α y las coordenadas x e y del centro del arco de círculo Mx y My en cada caso con cuatro cifras significativas. Mediante estos datos se define el perfil de husillo de manera unívoca. Los perfiles de husillo presentan, en cada caso, simetría especular con respecto al eje x, de modo que se obtendrían los perfiles de husillo completos por reflexión de la mitad mostrada con respecto al eje x.

Los perfiles de husillo, en los que la mitad del perfil de husillo se compone de en total 2 arcos de círculo, se denominan a continuación perfiles de husillo de 2 círculos. Los perfiles de husillo, en los que la mitad del perfil de husillo se compone de en total 4 arcos de círculo, se denominan a continuación perfiles de husillo de 4 círculos. Los perfiles de husillo, en los que la mitad del perfil de husillo se compone de en total 6 arcos de círculo, se denominan a continuación perfiles de husillo de 6 círculos. Los perfiles de husillo, en los que la mitad del perfil de husillo se

compone de en total 8 arcos de círculo, se denominan a continuación perfiles de husillo de 8 círculos.

Figura 1: Las figuras 1a a 1d muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 8 arcos de círculo. En las figuras 1a a 1d, el radio exterior de husillo adimensional asciende, en cada caso, a $RA=0,58$. En las figuras 1a a 1d, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,16$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. Es característico de los perfiles de husillo en las figuras 1a a 1d que la zona de estanqueidad comprenda los arcos de círculo 1 a 4, comprendiendo la zona de flanco el arco de círculo 1 y la zona de cresta los arcos de círculo 2 a 4, siendo el radio adimensional de los arcos de círculo 2 y 4, en cada caso, igual a 0 y el radio adimensional del arco de círculo 3 igual al radio exterior de husillo RA adimensional y situándose los arcos de círculo de la zona de cresta completamente sobre el radio exterior de husillo RA adimensional y estando así presente una estanqueidad lineal de la zona de engranaje. Además es característico de este perfil de husillo que la zona de transición comprenda el arco de círculo 4', cuyo radio adimensional es igual a la distancia entre ejes A adimensional. Además, estos perfiles de husillo están caracterizados porque la zona de canal comprende los arcos de círculo 1' a 3', comprendiendo la zona de flanco los arcos de círculo 1' y 2' y la zona de acanaladura el arco de círculo 3', siendo el radio adimensional del arco de círculo 2' igual a la distancia entre ejes A adimensional y el radio adimensional del arco de círculo 3' igual al radio de núcleo RI adimensional y situándose el arco de círculo de la zona de acanaladura completamente sobre el radio de núcleo RI adimensional. En las figuras 1a a 1d, las zonas de estanqueidad están caracterizadas porque los perfiles de husillo presentan en cada caso un acodamiento en la transición de la zona de flanco a la zona de cresta. Además, los perfiles de husillo de estas figuras están caracterizados porque la transición de la zona de estanqueidad a la zona de transición presenta, en cada caso, un acodamiento. La figura 1d presenta la distancia adimensional más pequeña de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA adimensional. En la figura 1d, dicha distancia asciende a 0,0801 y es por tanto mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,08$.

A partir de las figuras 1a a 1d queda claro que es posible ajustar el tamaño de la zona de cresta de la zona de estanqueidad. A partir de estas figuras queda claro, además, que es posible ajustar la distancia máxima de la zona de flanco de la zona de estanqueidad con respecto al radio exterior de husillo.

Las figuras 1b y 1c están caracterizadas, además, porque la posición del punto de inicio del arco de círculo 1 y la posición del punto final del arco de círculo 1' son, en cada caso, idénticas. Por reflexión de la figura 1b o de la figura 1c con respecto al eje x y componiendo el perfil de husillo a partir del perfil de husillo de la figura 1b y del perfil de husillo reflejado de la figura 1c o a partir del perfil de husillo de la figura 1c y del perfil de husillo reflejado de la figura 1b se obtienen perfiles de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, en el que las zonas de cresta de la zona de estanqueidad tienen un tamaño diferente.

Figura 2: Las figuras 2a a 2d muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 8 arcos de círculo. En las figuras 2a a 2d, el radio exterior de husillo adimensional oscila dentro del intervalo de $RA=0,55$ a $RA=0,67$. En las figuras 2a a 2d, la profundidad de filete adimensional oscila dentro del intervalo de $H=0,10$ a $H=0,34$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. Es característico de los perfiles de husillo en las figuras 2a a 2d que la zona de estanqueidad comprenda los arcos de círculo 1 a 4, comprendiendo la zona de flanco el arco de círculo 1 y la zona de cresta los arcos de círculo 2 a 4, siendo el radio adimensional de los arcos de círculo 2 y 4, en cada caso, igual a 0 y el radio adimensional del arco de círculo 3 igual al radio exterior de husillo RA adimensional y situándose los arcos de círculo de la zona de cresta completamente sobre el radio exterior de husillo RA adimensional y estando así presente una estanqueidad lineal de la zona de engranaje. Además es característico de este perfil de husillo que la zona de transición comprenda el arco de círculo 4', cuyo radio adimensional es igual a la distancia entre ejes A adimensional. Además, estos perfiles de husillo están caracterizados porque la zona de canal comprende los arcos de círculo 1' a 3', comprendiendo la zona de flanco los arcos de círculo 1' y 2' y la zona de acanaladura el arco de círculo 3', siendo el radio adimensional del arco de círculo 2' igual a la distancia entre ejes A adimensional y el radio adimensional del arco de círculo 3' igual al radio de núcleo RI adimensional y situándose el arco de círculo de la zona de acanaladura completamente sobre el radio de núcleo RI adimensional. En las figuras 2a a 2d, las zonas de estanqueidad están caracterizadas porque los perfiles de husillo presentan en cada caso un acodamiento en la transición de la zona de flanco a la zona de cresta. Además, los perfiles de husillo de estas figuras están caracterizados porque la transición de la zona de estanqueidad a la zona de transición presenta, en cada caso, un acodamiento. La figura 2d presenta la distancia adimensional más pequeña de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA adimensional. En la figura 2d, dicha distancia asciende a 0,06 y es por tanto mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,05$.

Figura 3: Las figuras 3a y 3b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 8 arcos de círculo. En las figuras 3a y 3b, el radio exterior de husillo adimensional asciende, en cada caso, a $RA=0,58$. En las figuras 3a a 3d, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,16$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. Es característico de los perfiles de husillo en las figuras 3a y 3b que la zona de estanqueidad comprenda los arcos de círculo 1 a 4, comprendiendo la zona de flanco los arcos de círculo 1 y 2 y la zona de cresta los arcos de círculo 3 y 4, siendo el

radio adimensional del arco de círculo 3 igual al radio exterior de husillo RA y el radio adimensional del arco de círculo 4 igual a 0 y situándose los arcos de círculo de la zona de cresta completamente sobre el radio exterior de husillo RA adimensional y estando así presente una estanqueidad lineal de la zona de engranaje. Además es característico de este perfil de husillo que la zona de transición comprenda el arco de círculo 4', cuyo radio adimensional es igual a la distancia entre ejes A adimensional. Además, estos perfiles de husillo están caracterizados porque la zona de canal comprende los arcos de círculo 1' a 3', comprendiendo la zona de flanco los arcos de círculo 1' y 2' y la zona de acanaladura el arco de círculo 3', siendo el radio adimensional del arco de círculo 3' igual al radio de núcleo RI adimensional y situándose el arco de círculo de la zona de acanaladura completamente sobre el radio de núcleo RI adimensional. En las figuras 3a y 3b, las zonas de estanqueidad están caracterizadas porque los perfiles de husillo no presentan en cada caso ningún acodamiento en la transición de la zona de flanco a la zona de cresta. Además, los perfiles de husillo de estas figuras están caracterizados porque la transición de la zona de estanqueidad a la zona de transición presenta, en cada caso, un acodamiento. La figura 3b presenta la distancia adimensional más pequeña de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA adimensional. En la figura 3b, dicha distancia asciende a 0,0924 y es por tanto mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,08$.

Figura 4: Las figuras 4a y 4b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 8 arcos de círculo. En las figuras 4a y 4b, el radio exterior de husillo adimensional asciende, en cada caso, a $RA=0,58$. En las figuras 4a a 4b, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,16$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. Es característico de los perfiles de husillo en las figuras 4a y 4b que la zona de estanqueidad comprenda los arcos de círculo 1 a 3, comprendiendo la zona de flanco los arcos de círculo 1 y 2 y la zona de cresta el arco de círculo 3, siendo el radio adimensional del arco de círculo 3 igual al radio exterior de husillo RA adimensional y situándose el arco de círculo de la zona de cresta completamente sobre el radio exterior de husillo RA adimensional y estando así presente una estanqueidad lineal de la zona de engranaje. Además es característico de estos perfiles de husillo que la zona de transición comprenda los arcos de círculo 4 y 4'. Además, estos perfiles de husillo están caracterizados porque la zona de canal comprende los arcos de círculo 1' a 3', comprendiendo la zona de flanco los arcos de círculo 1' y 2' y la zona de acanaladura el arco de círculo 3', siendo el radio adimensional del arco de círculo 3' igual al radio de núcleo RI adimensional y situándose el arco de círculo de la zona de acanaladura completamente sobre el radio de núcleo RI adimensional. En las figuras 4a y 4b, las zonas de estanqueidad están caracterizadas porque los perfiles de husillo no presentan en cada caso ningún acodamiento en la transición de la zona de flanco a la zona de cresta. Además, los perfiles de husillo de estas figuras están caracterizados porque la transición de la zona de estanqueidad a la zona de transición no presenta, en cada caso, ningún acodamiento. La distancia adimensional más pequeña de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA adimensional es igual de grande en las figuras 4a y 4b. Dicha distancia asciende a 0,0924 y es por tanto mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,08$.

Además de los perfiles de husillo mostrados en las figuras 3a, 3b, 4a y 4b, pueden formarse, como sabe el experto en la técnica, perfiles de husillo en los que el radio del arco de círculo 2 sea igual a 0 y el radio del arco de círculo 4 sea mayor que 0. De este modo se obtienen perfiles de husillo que están caracterizados porque la zona de estanqueidad de un perfil de husillo presenta, en la transición de la zona de flanco a la zona de cresta, un acodamiento y la transición de la zona de estanqueidad a la zona de transición de un perfil de husillo no presenta ningún acodamiento.

El procedimiento de acuerdo con la invención para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido con un número de filetes z se explicará, a modo de ejemplo, en el segmento de un perfil de husillo en la figura 4a.

El perfil de husillo y por tanto el segmento del perfil de husillo se sitúan en un plano. Por motivos de simplicidad, este plano se sitúa en el plano xy de un sistema de coordenadas cartesiano. Asimismo, por motivos de simplicidad, el centro de rotación del perfil de husillo se sitúa en el origen del sistema de coordenadas cartesiano ($x=0, y=0$).

El número de filetes z se selecciona de modo que z sea mayor que o igual a 1. En el presente ejemplo, el número de filetes se selecciona como $z=1$. El número de arcos de círculo n del perfil de husillo se selecciona de modo que n sea un múltiplo entero p de $4 \cdot z$. En el presente ejemplo, el número de arcos de círculo se selecciona como $n=16$, de lo que resulta que $p=4$. El radio exterior de husillo RA adimensional del perfil de husillo se selecciona de modo que sea mayor que 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes A adimensional. En el presente ejemplo, el radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo se selecciona como $RA=0,58$. El radio de núcleo RI adimensional del perfil de husillo se selecciona de modo que sea mayor que o igual a 0 y menor que o igual al radio exterior de husillo RA adimensional. En el presente ejemplo, el radio de núcleo adimensional del perfil de husillo se selecciona como $RI=A-RA=0,42$.

Los arcos de círculo del perfil de husillo pueden disponerse en o en contra del sentido de las agujas del reloj alrededor del eje de rotación del perfil de husillo. En el presente ejemplo, los arcos de círculo se disponen en contra del sentido de las agujas del reloj alrededor del eje de rotación del perfil de husillo.

El perfil de husillo se divide en $2 \cdot z$ segmentos, que están caracterizados porque cada segmento está delimitado por dos rectas, que forman entre sí un ángulo, en radianes, de π/z y que intersecan en el centro de rotación del perfil de husillo, denominándose estas dos rectas límites de segmento. En el presente ejemplo se obtiene como resultado

que el perfil de husillo se subdivide en dos segmentos. Por motivos de simplicidad, ambos límites de segmento se sitúan sobre el eje x del sistema de coordenadas. En el presente ejemplo se considera a continuación solamente el segmento del perfil de husillo que se sitúa en la dirección y positiva.

5 El segmento del perfil de husillo se subdivide en una primera y una segunda parte, constando la primera parte de p arcos de círculo y la segunda parte de p' arcos de círculo, siendo p'=p. En el presente ejemplo se obtiene como resultado que p'=4. Los arcos de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo pueden estar numerados en orden creciente o decreciente. Los arcos de círculo de la segunda parte del segmento del perfil de husillo están numerados en orden inverso al de los arcos de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo. En el presente ejemplo, los arcos de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se numeran en orden creciente y los arcos de círculo de la segunda parte del segmento del perfil de husillo se numeran, por
10 consiguiente, en orden decreciente.

El ángulo α_1 del primer arco de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se selecciona de modo que sea, en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a $\pi/(2 \cdot z)$. En el presente ejemplo, el ángulo del primer arco de círculo se selecciona como $\alpha_1=0,4304$. El radio adimensional R_1 del primer arco de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se selecciona, de acuerdo con la invención, de modo que sea mayor que o igual a 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes A. En el presente ejemplo, el radio adimensional del primer arco de círculo se selecciona como R_1=0,9061. La posición del primer arco de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se selecciona de modo que el primer arco de círculo se sitúe dentro de o sobre los límites de un anillo circular con el radio exterior de husillo RA adimensional y el radio de núcleo RI adimensional, cuyo centro se sitúa sobre el centro de rotación del perfil de husillo. La posición se establece, preferentemente, mediante el posicionamiento del punto de inicio y del centro del primer arco de círculo. En el procedimiento, el punto de inicio y el centro del primer arco de círculo se sitúan sobre uno de los límites de segmento, con lo cual el punto de inicio se obtiene a partir de la posición del centro y del radio adimensional R_1. En el presente ejemplo, el centro del primer arco de círculo se sitúa sobre la coordenada Mx_1=-0,3937, My_1=0,0000 y el punto de inicio se sitúa, por
15 tanto, sobre la coordenada x=0,5124, y=0,0000.

Los ángulos $\alpha_2, \dots, \alpha_{(p-1)}$ de p-2 arcos de círculo adicionales, es decir de otros 2 arcos de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se seleccionan de modo que sean, en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a $\pi/(2 \cdot z)$. En el presente ejemplo, los ángulos de los otros 2 arcos de círculo se seleccionan como $\alpha_2=0,3812$ y $\alpha_3=0,1580$. Los radios adimensionales R_2, ..., R_(p-1) de los otros 2 arcos de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se seleccionan de modo que sean mayor que o igual a 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes A adimensional. En el presente ejemplo, los radios adimensionales de los otros 2 arcos de círculo se seleccionan como R_2=0,1385 y R_3=0,5800.
20

De acuerdo con las reglas de disposición, los arcos de círculo se disponen de modo que los arcos de círculo se suceden tangencialmente de modo que se obtiene un perfil de husillo cerrado, convexo, considerándose un arco de círculo, cuyo radio adimensional es igual a 0, como un arco de círculo cuyo radio adimensional es igual a eps, siendo eps un número real positivo muy pequeño, que tiende a 0 ($\text{eps} \ll 1, \text{eps} \rightarrow 0$). A partir de esta regla de disposición se concluye que el punto final de un arco de círculo es igual al punto de inicio de su arco de círculo subsiguiente. La transición tangencial requerida entre un primer arco de círculo y un segundo arco de círculo subsiguiente se cumple porque el centro de este segundo arco de círculo subsiguiente se sitúa sobre la recta que viene dada por el punto final y el centro de este primer arco de círculo, de modo que la distancia del centro de este segundo arco de círculo subsiguiente con respecto al punto final de este primer arco de círculo es igual al radio de este segundo arco de círculo subsiguiente y el perfil de husillo es convexo. Un arco de círculo, cuyo radio es igual a 0, se considera un arco de círculo con un radio eps muy pequeño, en donde eps tiende a 0, de modo que la transición tangencial puede seguir construyéndose. Alternativamente, un arco de círculo, cuyo radio es igual a 0, puede considerarse como que el perfil de husillo en la posición de este arco de círculo presenta un acodamiento, estando establecido el tamaño del acodamiento por el ángulo de este arco de círculo. En el presente ejemplo, a partir de la regla de disposición descrita se obtienen como resultado las siguientes posiciones de los centros de los otros 2 arcos de círculo: Mx_2=0,3039, My_2=0,3202 y Mx_3=0,0000, My_3=0,0000. El tercer arco de círculo se sitúa sobre el radio exterior de husillo RA adimensional y se cumple la regla de disposición de que al menos un arco de círculo toque el radio exterior de husillo RA adimensional.
25

El ángulo α_4 del último arco de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se deriva del hecho de que la suma de los ángulos de los 4 arcos de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo es, en radianes, igual a $\pi/(2 \cdot z)$, siendo el ángulo α_4 , en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a $\pi/(2 \cdot z)$. En el presente ejemplo se obtiene el ángulo de este último arco de círculo como $\alpha_4=0,6013$. El radio adimensional R_4 del último arco de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se obtiene, de acuerdo con la invención, debido a que el punto final de este último arco de círculo es tangente a una recta FP en un punto, siendo la recta FP perpendicular a la bisectriz de los dos límites de segmento de este segmento y teniendo una distancia con respecto al centro de rotación del perfil de husillo en dirección a este segmento, que es igual a la mitad de la distancia entre ejes, pasando la bisectriz, al igual que los límites de segmento, por el centro de rotación del perfil de husillo. La recta FP está dibujada en la figura 4a como línea de puntos. El cuarto arco de círculo de la primera parte del segmento del perfil de husillo se construye situando en el punto final del tercer arco de círculos una tangente al tercer arco de círculo, el punto de intersección de la tangente con la recta FP es el centro de un círculo, cuyo radio es igual a la longitud del tramo entre el punto final del tercer arco de círculo y el punto de intersección de la tangente
30
35
40
45
50
55
60

con la recta FP, y siendo el punto de intersección, situado en la dirección del sentido de las agujas del reloj seleccionado, del círculo con la recta FP el punto de contacto buscado del punto final del cuarto arco de círculo con la recta FP. En el punto final del cuarto arco de círculo se deja caer una plomada sobre la recta FP. El punto de intersección de esta plomada con la recta, que viene dada por el punto final y el centro del tercer arco de círculo, es el centro del cuarto arco de círculo. En el presente ejemplo, la posición del centro del cuarto arco de círculo se calcula como $Mx_4=0,2580$, $My_4=0,3761$ y el radio adimensional del cuarto arco de círculo se obtiene como $R_4=0,1239$.

Los ángulos $\alpha_p, \dots, \alpha_1'$ de la segunda parte del segmento del perfil de husillo vienen dados porque el ángulo α_j' del j' -ésimo arco de círculo de la segunda parte de un segmento es igual al ángulo α_j del j -ésimo arco de círculo de la primera parte del segmento, siendo j y j' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo p o p' ($\alpha_1'=\alpha_1, \dots, \alpha_p'=\alpha_p$). En el presente ejemplo, los ángulos de la segunda parte del segmento se calculan como $\alpha_1'=\alpha_1=0,4304$, $\alpha_2'=\alpha_2=0,3812$, $\alpha_3'=\alpha_3=0,1580$ y $\alpha_4'=\alpha_4=0,6013$. Los radios adimensionales R_p, \dots, R_1' de la segunda parte del segmento del perfil de husillo vienen dados porque la suma del radio adimensional R_j' del j' -ésimo arco de círculo de la segunda parte de un segmento y del radio adimensional R_j del j -ésimo arco de círculo de la primera parte de un segmento es igual a la distancia entre ejes A adimensional, siendo j y j' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo p o p' ($R_1'+R_1=A=1, \dots, R_p'+R_p=A=1$). En el presente ejemplo, los radios adimensionales de la segunda parte del segmento se calculan como $R_1'=A-R_1=0,0939$, $R_2'=A-R_2=0,8615$, $R_3'=A-R_3=0,4200$ y $R_4'=A-R_4=0,8761$.

La posición de los arcos de círculo de la segunda parte del segmento del perfil de husillo se deriva del hecho de que los arcos de círculo se suceden tangencialmente y el perfil de husillo es convexo. En el presente ejemplo se derivan las siguientes coordenadas para los centros de los 4 arcos de círculo de la segunda parte del segmento del perfil de husillo: $Mx_1'=-0,3937$, $My_1'=0,0000$, $Mx_2'=0,3039$, $My_2'=-0,3202$, $Mx_3'=0,0000$, $My_3'=0,0000$ y $Mx_4'=0,2580$, $My_4'=-0,3761$. El tercer arco de círculo de la segunda parte del segmento del perfil de husillo se sitúa sobre el radio de núcleo RI adimensional y se cumple la regla de disposición de que al menos un arco de círculo toque el radio de núcleo RI adimensional.

Las figuras 1 a 4 muestran perfiles de husillo de elementos de husillo con una estanqueidad lineal de la zona de engranaje. Como puede observarse a partir de las figuras, la longitud de la estanqueidad lineal puede ajustarse mediante la selección de los parámetros de los arcos de círculo. Además, es posible diseñar la transición entre zona de cresta y de flanco o entre la zona de estanqueidad y la de transición con o sin acodamiento en el perfil de husillo. En las siguientes figuras se describen perfiles de husillo de elementos de husillo con una estanqueidad puntual de la zona de engranaje. También es posible, en este caso, diseñar la transición entre zona de cresta y de flanco o entre la zona de estanqueidad y la de transición con o sin acodamiento en el perfil de husillo.

Figura 5: La figura 5 muestra la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de 6 arcos de círculo. En la figura 5, el radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,58$. En la figura 5, la profundidad de filete adimensional asciende a $H=0,16$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud el perfil de husillo, pueden deducirse a partir de la figura. El perfil de husillo es idéntico al mostrado en la figura 25. El radio del arco de círculo 3' es igual a 0. El arco de círculo 3' se sitúa sobre el radio exterior de husillo RA y forma la zona de cresta de la zona de estanqueidad. Hay presente una estanqueidad puntual de la zona de engranaje, presentando el perfil de husillo en el punto de la estanqueidad un acodamiento. La zona de canal está caracterizada porque el radio del arco de círculo 2 es igual a 0. El perfil de husillo presenta por tanto en este punto un acodamiento. En la figura 5, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1001, mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,08$.

Figura 6: Las figuras 6a a 6b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 6 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,58$. En las figuras 6a y 6b, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,16$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. El radio del arco de círculo 3' es, en ambas figuras, igual a 0,25. Es característico de los perfiles de husillo en las figuras 6a y 6b que el arco de círculo 3' sea tangente al radio de husillo RA en un punto. El punto de tangencia forma la zona de cresta de la zona de estanqueidad. Hay presente una estanqueidad puntual de la zona de engranaje, no presentando el perfil de husillo en el punto de la estanqueidad ningún acodamiento. El punto de tangencia divide el arco de círculo 3' en dos partes. Una parte pertenece junto con los arcos de círculo 1' y 2' a la zona de estanqueidad. La otra parte pertenece junto con una parte del arco de círculo 3 a la zona de transición. La zona de canal está caracterizada porque el radio del arco de círculo 2 es igual a 0. El perfil de husillo presenta por tanto en este punto un acodamiento. En las figuras 6a y 6b, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1448 o 0,1166, mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,08$.

Figura 7: La figura 7 muestra la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de 6 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,58$. En la figura 7, la profundidad de filete adimensional asciende a $H=0,16$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud el perfil de husillo, pueden deducirse a partir de la figura. La estanqueidad de la zona de engranaje se produce, como en la figura 5, a lo largo del arco de círculo 3'. En comparación con la figura 5, la zona de canal en la figura 7 está caracterizada porque el radio del arco de círculo 2 es mayor que 0. El perfil de husillo no presenta por tanto en este punto ningún acodamiento. En la figura 7, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1194, mayor

que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,08$.

Figura 8: Las figuras 8a a 8b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 6 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,58$. En las figuras 8a y 8b, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,16$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. La estanqueidad de la zona de engranaje se produce, como en la figura 6, a lo largo del arco de círculo 3', que es tangente al radio exterior de husillo RA en un punto. En comparación con la figura 6, la zona de canal en la figura 8 está caracterizada porque el radio del arco de círculo 2 es mayor que 0. El perfil de husillo no presenta por tanto en este punto ningún acodamiento. En las figuras 8a y 8b, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1531 o 0,1252, mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,08$.

Figura 9: La figura 9 muestra la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de 4 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,63$. En la figura 9, la profundidad de filete adimensional asciende a $H=0,26$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud el perfil de husillo, pueden deducirse a partir de la figura. El radio del arco de círculo 2' es igual a 0. El arco de círculo 2' se sitúa sobre el radio exterior de husillo RA y forma la zona de cresta de la zona de estanqueidad. Hay presente una estanqueidad puntual de la zona de engranaje, presentando el perfil de husillo en el punto de la estanqueidad un acodamiento. La zona de canal está caracterizada porque el radio del arco de círculo 1 es igual a 0. El perfil de husillo presenta por tanto en este punto un acodamiento. En la figura 9, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1473, mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,13$.

Figura 10: Las figuras 10a a 10b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 4 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,63$. En las figuras 10a y 10b, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,26$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. La estanqueidad de la zona de engranaje se produce, como en la figura 9, a lo largo del arco de círculo 2'. En comparación con la figura 9, la zona de canal en la figura 10 es tal que el radio del arco de círculo 1 es mayor que 0. El perfil de husillo no presenta por tanto en este punto ningún acodamiento. En las figuras 10a y 10b, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1650 o 0,1888, mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,13$.

Figura 11: Las figuras 11a a 11b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 4 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,63$. En las figuras 11a y 11b, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,26$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. El radio del arco de círculo 2' en las figuras 11a y 11b es igual a 0,1572 o 0,2764. Es característico de los perfiles de husillo en las figuras 11a y 11b que el arco de círculo 2' sea tangente al radio de husillo RA en un punto. El punto de tangencia forma la zona de cresta de la zona de estanqueidad. Hay presente una estanqueidad puntual de la zona de engranaje, no presentando el perfil de husillo en el punto de la estanqueidad ningún acodamiento. El punto de tangencia divide el arco de círculo 2' en dos partes. Una parte pertenece junto con el arco de círculo 1' a la zona de estanqueidad. La otra parte pertenece junto con una parte del arco de círculo 2 a la zona de transición. La zona de canal está caracterizada porque el radio del arco de círculo 1 es igual a 0. El perfil de husillo presenta por tanto en este punto un acodamiento. En las figuras 11a y 11b, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1857 o 0,2158, mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,13$.

Figura 12: Las figuras 12a a 12b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 4 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional asciende a $RA=0,63$. En las figuras 12a y 12b, la profundidad de filete adimensional asciende, en cada caso, a $H=0,26$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. La estanqueidad de la zona de engranaje se produce, como en la figura 11, a lo largo del arco de círculo 2', que es tangente al radio exterior de husillo RA en un punto. En comparación con la figura 11, la zona de canal en la figura 12 está caracterizada porque el radio del arco de círculo 1 es mayor que 0. El perfil de husillo no presenta por tanto en este punto ningún acodamiento. En las figuras 12a y 12b, la distancia adimensional mínima de la zona de flanco de la zona de canal con respecto al radio exterior de husillo RA es, con 0,1849 o 0,2184, mayor que la mitad de la profundidad de filete adimensional $H/2=0,13$. El punto tangencial del arco de círculo 2' con el radio exterior de husillo RA se obtiene calculando el punto de intersección de una recta que pasa por el origen de coordenadas y por el centro del arco de círculo 2' con dicho arco de círculo 2'. El punto tangencial del arco de círculo 2 con el radio de núcleo de husillo RI se obtiene calculando el punto de intersección de una recta que pasa por el origen de coordenadas y por el centro del arco de círculo 2 con dicho arco de círculo 2.

En las figuras 1 a 4 hay presente una estanqueidad lineal de la zona de engranaje. En las figuras 5 a 12 hay presente una estanqueidad puntual de la zona de engranaje, teniendo el perfil de husillo en las figuras 5, 7, 9 y 10 un acodamiento y no teniendo en las figuras 6, 8, 11 y 12 ningún acodamiento. Como sabe el experto en la técnica, con los perfiles de husillo de acuerdo con la invención es por tanto posible adaptar la sollicitación térmica y mecánica de

los fluidos viscosos que van a tratarse, de manera controlada, a los requisitos de tratamiento y procesamiento. En las figuras 1 a 12 se muestran mitades de perfiles de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención compuesto por, como máximo, 8 arcos de círculo. La divulgación no está limitada, sin embargo, en ningún caso a 8 arcos de círculo. Más bien puede recurrirse a cualquier número de arcos de círculo para generar perfiles de husillo de acuerdo con la invención.

Figura 13: Todos los perfiles de husillo de un filete pueden desplazarse a lo largo del eje x hasta cierto punto en dirección x positiva o negativa, sin perder su autolimpieza, ya que mediante el desplazamiento a lo largo del eje x se sigue cumpliendo la condición de tocar la recta FP en un punto. La figura 13 muestre este tipo de desplazamientos. Las figuras 13a a 13b muestran en cada caso la mitad de un perfil de husillo preferido de un elemento de husillo de acuerdo con la invención, que está construida a partir de, en cada caso, 8 arcos de círculo. El radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo no desplazado asciende a $RA=0,6$. En las figuras 13a y 13b, la profundidad de filete adimensional del perfil de husillo no desplazado asciende, en cada caso, a $H=0,2$. Las demás magnitudes geométricas, que describen con exactitud los perfiles de husillo, pueden deducirse a partir de las figuras. En las figuras 13a y 13b, todo el perfil de husillo está desplazado hacia la izquierda un tramo de 0,01 o 0,03 veces la distancia entre ejes. Puede verse que los radios y ángulos de los arcos de círculo individuales no cambian por el desplazamiento. El grado de estanqueidad lineal de la zona de engranaje por el arco de círculo 3 se ajusta de este modo. En general, mediante el desplazamiento del perfil de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención puede ajustarse el grado de una estanqueidad lineal o puntual de la zona de engranaje. En particular, de este modo puede ajustarse de manera controlada la sollicitación mecánica y térmica del fluido viscoso en la zona de la estanqueidad. Un perfil de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención se desplaza, preferentemente, un tramo de 0 a 0,05 veces la distancia entre ejes, de manera especialmente preferente un tramo de 0 a 0,025 veces la distancia entre ejes.

Un perfil de husillo desplazado en la dirección x puede desplazarse en una segunda etapa en dirección y positiva o negativa, sin que se pierda de este modo la autolimpieza de los perfiles de husillo. De este modo se produce una estanqueidad asimétrica de la zona de engranaje. Por ejemplo, el grado de estanqueidad de la zona de engranaje en las zonas de cresta puede obtenerse en función de la dirección de rotación de los elementos de husillo. La distancia máxima de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo con respecto a la camisa se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0 a 0,05 veces la distancia entre ejes, de manera especialmente preferente, en el intervalo de 0 a 0,025 veces la distancia entre ejes.

Las figuras 14 a 16 muestran el perfil de husillo generador y el generado en el interior de una camisa de husillo en forma de ocho. En el interior de ambos perfiles de husillo se encuentran datos en valores numéricos para las siguientes magnitudes de husillo:

- RG: radio de las dos perforaciones de camisa
- RV: radio de camisa virtual, que es menor que o igual al radio de camisa RG
- RA: radio exterior de husillo de los perfiles de husillo que engranan estrechamente, con autolimpieza
- RF: radio exterior de husillo de los perfiles de husillo que van a producirse
- S: huelgo entre los dos perfiles de husillo que van a producirse
- D: huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa
- T: paso de un elemento transportador, de mezclado o de transición
- VPR: magnitud del desplazamiento de los perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza, en caso de que estos se dispongan excéntricamente
- VPW: ángulo de desplazamiento (indicación de dirección) de los perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza, en caso de que estos se dispongan excéntricamente
- VLR: magnitud del desplazamiento del perfil de husillo que va a producirse del árbol izquierdo dentro de los huelgos
- VLW: ángulo del desplazamiento del perfil de husillo que va a producirse del árbol izquierdo dentro de los huelgos
- VRR: magnitud del desplazamiento del perfil de husillo que va a producirse del árbol derecho dentro de los huelgos
- VRW: ángulo del desplazamiento del perfil de husillo que va a producirse del árbol derecho dentro de los huelgos

La camisa de husillo, que se obtiene a partir de dos perforaciones que se interpenetran mutuamente con en cada caso el radio RG y la distancia $A=1$, se representa mediante línea delgada, discontinua. Dentro de la interpenetración de las dos perforaciones de camisa, las dos perforaciones están caracterizadas por líneas delgadas, de puntos. Los centros de las dos perforaciones de camisa son idénticos a los dos centros de rotación de los perfiles de husillo y están caracterizados en cada caso por un círculo pequeño. Los perfiles de husillo que engranan estrechamente, con autolimpieza, se caracterizan por una línea gruesa, continua. Los perfiles de husillo en la producción se representan por una línea delgada continua.

El experto en la técnica sabe que entre el radio exterior de husillo RA del perfil de husillo que engrana estrechamente, con autolimpieza, el radio de camisa virtual RV, el huelgo S entre los dos perfiles de husillo que van a producirse y el huelgo D entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa de husillo se aplica la siguiente relación: $RA=RV-D+S/2$.

El experto en la técnica sabe que entre el radio exterior de husillo RF del perfil de husillo que va a producirse, el

radio de camisa virtual RV y el huelgo D entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa de husillo se aplica la siguiente relación: $RF=RV-D$.

Normalmente, el radio de camisa virtual RV es igual al radio de camisa realizado RG. Si el radio de camisa virtual RV se selecciona más pequeño que el radio de camisa RG, entonces se obtiene entre los perfiles de husillo y la camisa un huelgo adicional. Este huelgo puede aprovecharse para desplazar excéntricamente el perfil de husillo generador y el generado manteniendo la autolimpieza. La excentricidad está caracterizada unívocamente por la indicación de la magnitud del desplazamiento VPR y la dirección del desplazamiento en forma de un ángulo VPW.

Figura 14: Las figuras 14a a 14d muestran formas de realización preferidas de un posicionamiento excéntrico de los perfiles de husillo de elementos de husillo de acuerdo con la invención. Las magnitudes características geométricas pueden deducirse de las figuras individuales. Perfiles de husillo posicionados excéntricamente, de un filete, que engranan estrechamente, con autolimpieza están caracterizados porque la distancia de los perfiles de husillo con respecto a la camisa es igual de grande independientemente de la dirección del desplazamiento para el árbol izquierdo y derecho. Los perfiles de husillo en la figura 14a están desplazados a lo largo de la línea de unión de los dos centros de rotación de los perfiles de husillo hasta el punto de que, en cada caso, un punto de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo toca la camisa, de modo que se consigue una estanqueidad de la zona de engranaje. Los perfiles de husillo en las figuras 14b a 14d están desplazados en cada caso hasta el punto de que solamente un punto de una zona de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo toca la camisa. La magnitud del desplazamiento necesario para ello depende de la dirección del desplazamiento. Pueden seleccionarse, además, posicionamientos excéntricos de los perfiles de husillo, en los que ningún punto de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo toca la camisa. En general, mediante el posicionamiento excéntrico del perfil de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención puede ajustarse el grado de una estanqueidad lineal o puntual de la zona de engranaje. En particular, de este modo puede ajustarse de manera controlada la sollicitación mecánica y térmica del fluido viscoso en la zona de la estanqueidad. En particular, el grado de estanqueidad de la zona de engranaje en las zonas de cresta puede adaptarse en función de la dirección de rotación de los elementos de husillo. La distancia máxima de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo con respecto a la camisa se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0 a 0,05 veces la distancia entre ejes, de manera especialmente preferente, en el intervalo de 0 a 0,025 veces la distancia entre ejes.

Figura 15: Tal como sabe el experto en la técnica, todos los elementos de husillo necesitan, en la práctica, un cierto huelgo, a saber tanto entre sí como con respecto a la camisa. Las figuras 15a a 15d muestran diversas estrategias de huelgo. Las magnitudes características geométricas pueden deducirse de las figuras individuales. En la 15a se muestra una estrategia de huelgo, en la que el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse y entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa es igual de grande. En la figura 15b se muestra una estrategia de huelgo, en la que el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse es menor que el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa. En la figura 15c se muestra una estrategia de huelgo, en la que el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse es mayor que el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa. En la figura 15d se muestra otra forma de realización según la figura 15c con huelgos especialmente grandes. Huelgos típicos que se producen en la práctica se sitúan, para el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse, en el intervalo de 0,002 a 0,1. Huelgos típicos que se producen en la práctica se sitúan, para el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa, en el intervalo de 0,002 a 0,1. Huelgos típicos que se producen en la práctica son constantes por la periferia del perfil de husillo. Sin embargo, es admisible variar tanto el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse como el huelgo entre los perfiles de husillo que van a producirse y la camisa por la periferia de los perfiles de husillo.

Figura 16: Asimismo, es posible desplazar los perfiles de husillo que van a producirse dentro de los huelgos. Las figuras 16a a 16d muestran una selección de posibles desplazamientos. Las magnitudes características geométricas pueden deducirse de las figuras individuales. En las figuras 16a a 16d, la magnitud del desplazamiento asciende, para en cada caso ambos perfiles de husillo que van a producirse, a $VLR=VRR=0,02$. En las figuras 16a a 16d se varía la dirección del desplazamiento, para en cada caso ambos perfiles de husillo que van a producirse, gradualmente entre $VLW=VRW=0$ y $VLW=VRW=\pi$. Es admisible desplazar los dos perfiles de husillo que van a producirse independientemente uno de otro en distintas direcciones y en distintas magnitudes. En este caso, el experto en la técnica dispone de otra posibilidad para ajustar el grado de estanqueidad de la zona de engranaje por las dos zonas de cresta de la zona de estanqueidad de un perfil de husillo de acuerdo con la invención. En particular, de este modo puede ajustarse de manera controlada la sollicitación mecánica y térmica del fluido viscoso en la zona de la estanqueidad.

Perfiles de husillo de un filete, que se generan según el procedimiento para generar perfiles de husillo que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido con un número de filetes z, pueden usarse para producir elementos de husillo. En particular, tales perfiles de husillo pueden usarse para la producción de elementos transportadores, elementos de mezclado, elementos de amasado y elementos de transición.

La **figura 17a** muestra, a modo de ejemplo, un par de un elemento transportador de un filete, cuyo perfil de husillo está construido de manera análoga a las figuras 1 y 2 a partir de 8 arcos de círculo. El radio de camisa asciende a $RG=0,6$. El huelgo entre los dos elementos transportadores asciende a $S=0,02$. El huelgo entre los dos elementos transportadores y la camisa asciende a $D=0,01$. El paso de los elementos transportadores asciende a $T=1,2$. La longitud de los elementos transportadores asciende a 1,2, lo que se corresponde con una rotación de los perfiles de

husillo un ángulo de 2π . La camisa se representa por líneas delgadas continuas a la izquierda y a la derecha de ambos elementos transportadores. Sobre las superficies de los dos elementos transportadores está representada además una posible rejilla de cálculo, que puede usarse para calcular el flujo en extrusoras de dos y más árboles.

5 La **figura 17b** muestra, a modo de ejemplo, un par de un elemento de amasado de un filete, cuyo perfil de husillo está construido de manera análoga a las figuras 1 y 2 a partir de 8 arcos de círculo. El radio de camisa asciende a $RG=0,6$. El huelgo entre los discos de amasado de los dos elementos de amasado asciende a $S=0,02$. El huelgo entre los discos de amasado de los dos elementos transportadores y la camisa asciende a $D=0,01$. El elemento de amasado se compone de 7 discos de amasado, que están desplazados entre sí en cada caso un ángulo de $\pi/3$ a derechas. El primer y el último disco de amasado tienen una longitud de 0,09. Los discos de amasado centrales
10 tienen una longitud de 0,18. La acanaladura entre los discos de amasado tiene una longitud de 0,02. La camisa se representa por líneas delgadas continuas a la izquierda y a la derecha de ambos elementos de amasado. Sobre las superficies de los dos elementos de amasado está representada además una posible rejilla de cálculo, que puede usarse para calcular el flujo en extrusoras de dos y más árboles.

15 Las figuras 1 a 17 muestran perfiles de husillo y elementos de husillo, en los que el radio exterior de husillo RA adimensional tiene los valores 0,55, 0,58, 0,59, 0,6, 0,63 y 0,67. Los perfiles de husillo de elementos de husillo de acuerdo con la invención y el procedimiento para generar perfiles de husillo de acuerdo con la invención no están limitados a estos valores discretos del radio exterior de husillo adimensional. Aplicando el procedimiento pueden generarse perfiles de husillo de un filete con un radio exterior de husillo adimensional en el intervalo de $RA=0,51$ y $RA=0,707$, preferentemente en el intervalo de $RA=0,52$ a $RA=0,7$.

20 Sorprendentemente, también perfiles de husillo de tres filetes, que están posicionados excéntricamente, en esencia, en la dirección de una zona de acanaladura de un perfil de husillo de tres filetes, conducen a una sucesión de zona de estanqueidad - zona de transición - zona de canal - zona de transición y por tanto a elementos de husillo de acuerdo con la invención.

25 Las figuras 18 a 20 describen perfiles de husillo posicionados de manera centrada con un número de filetes de 3, que se generan según el procedimiento para generar perfiles de husillo que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido con un número de filetes z, En las figuras 18 a 20 se muestra siempre una sexta parte de un perfil de husillo con un número de filetes de 3.

30 **Figura 18:** Las figuras 18a a 18d muestran perfiles de husillo de 2 círculos preferidos de un perfil de husillo de tres filetes. Las figuras 18a a 18d se diferencian por el radio exterior de husillo RA. En las figuras 18a a 18d, el radio R_1 del primer arco de círculo depende del radio exterior de husillo RA. En las figuras 18a a 18d, el primer arco de círculo tiene en cada caso el ángulo $\alpha_1=\pi/6$.

35 **Figura 19:** Las figuras 19a a 19d muestran perfiles de husillo de 4 círculos preferidos de un perfil de husillo de tres filetes. Las figuras 19a a 19d se diferencian por el radio exterior de husillo RA. En las figuras 19a a 19d, el primer arco de círculo tiene en cada caso el radio $R_1=RA$. En las figuras 19a a 19d, el segundo arco de círculo tiene en cada caso el radio $R_2=0$. En las figuras 19a a 19d, el ángulo α_1 del primer arco de círculo depende del radio exterior de husillo RA. En las figuras 19a a 19d, el radio α_2 del segundo arco de círculo depende del radio exterior de husillo RA.

40 **Figura 20:** Las figuras 20a a 20d muestran otros perfiles de husillo de 4 círculos preferidos de un perfil de husillo de tres filetes. Las figuras 20a a 20d se diferencian por el radio exterior de husillo RA. En las figuras 20a a 20d, el primer arco de círculo tiene en cada caso el radio $R_1=0$. En las figuras 20a a 20d, el segundo arco de círculo tiene en cada caso el radio $R_2=A=1$. En las figuras 20a a 20d, el ángulo α_1 del primer arco de círculo depende del radio exterior de husillo RA. En las figuras 20a a 20d, el radio α_2 del segundo arco de círculo depende del radio exterior de husillo RA.

45 En las figuras 18 a 20 se muestra una sexta parte de perfiles de husillo de tres filetes compuestas por como máximo 4 arcos de círculo. Los perfiles de husillo de tres filetes no están limitados, sin embargo, en ningún caso a 4 arcos de círculo. Más bien puede recurrirse a cualquier número de arcos de círculo para generar perfiles de husillo de tres filetes.

50 **Figura 21:** Las figuras 21a a 21c muestran formas de realización preferidas de un posicionamiento excéntrico de perfiles de husillo de tres filetes. La figura 21a muestra un posicionamiento excéntrico de un perfil de husillo de tres filetes según la figura 18c. La figura 21b muestra un posicionamiento excéntrico de un perfil de husillo de tres filetes según la figura 19c. La figura 21c muestra un posicionamiento excéntrico de un perfil de husillo de tres filetes según la figura 20c. El radio de camisa virtual asciende a $RV=0,5567$ y es menor que el radio de camisa RG ($RG=0,63$). Las demás magnitudes características geométricas pueden deducirse de las figuras individuales. Perfiles de husillo posicionados excéntricamente, de tres filetes, que engranan estrechamente, con autolimpieza están caracterizados
55 porque la distancia mínima de los perfiles de husillo con respecto a la camisa es igual de grande independientemente de la dirección del desplazamiento para el árbol izquierdo y derecho. Los perfiles de husillo de tres filetes en las figuras 21a a 21c están posicionados excéntricamente en cada caso de modo que en cada caso un punto de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo toca la camisa, de modo que se consigue una estanqueidad de la zona de engranaje. El perfil de husillo de tres filetes posicionado excéntricamente
60 conduce a un perfil de husillo con una sucesión de zona de estanqueidad - zona de transición - zona de canal - zona

de transición. La estanqueidad se obtiene por tanto a través de dos de las tres crestas de un elemento de husillo de tres filetes. Los perfiles de husillo de tres filetes se desplazan en la dirección de una de sus zonas de acanaladura desde la posición centrada. En las figuras 21a a 21c, el desplazamiento tuvo lugar a lo largo de la línea de unión de los dos centros de rotación de los perfiles de husillo. La magnitud del desplazamiento, con el que se consigue una estanqueidad de la zona de engranaje, depende del perfil de husillo seleccionado.

Figura 22: Las figuras 22a a 22c muestran otras formas de realización preferidas de un posicionamiento excéntrico de perfiles de husillo de tres filetes. La figura 22a muestra un posicionamiento excéntrico de un perfil de husillo de tres filetes según la figura 18c. La figura 22b muestra un posicionamiento excéntrico de un perfil de husillo de tres filetes según la figura 19c. La figura 22c muestra un posicionamiento excéntrico de un perfil de husillo de tres filetes según la figura 20c. El radio de camisa virtual asciende a $RV=0,5567$ y es menor que el radio de camisa RG ($RG=0,63$). Las demás magnitudes características geométricas pueden deducirse de las figuras individuales. Los perfiles de husillo en las figuras 22a a 22c están posicionados excéntricamente en cada caso de modo que solamente un punto de una zona de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo toca la camisa. La magnitud del desplazamiento necesario para ello depende de la dirección del desplazamiento.

Pueden seleccionarse, además, posicionamientos excéntricos de los perfiles de husillo, en los que ningún punto de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo toca la camisa. En general, mediante el posicionamiento excéntrico del perfil de husillo de un elemento de husillo de acuerdo con la invención puede ajustarse el grado de una estanqueidad lineal o puntual de la zona de engranaje. En particular, de este modo puede ajustarse de manera controlada la sollicitación mecánica y térmica del fluido viscoso en la zona de la estanqueidad. En particular, el grado de estanqueidad de la zona de engranaje en las zonas de cresta puede adaptarse en función de la dirección de rotación de los elementos de husillo. La distancia máxima de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo con respecto a la camisa se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0 a 0,05 veces la distancia entre ejes, de manera especialmente preferente, en el intervalo de 0 a 0,025 veces la distancia entre ejes.

Tal como sabe el experto en la técnica, todos los elementos de husillo necesitan, en la práctica, un cierto huelgo, a saber tanto entre sí como con respecto a la camisa. Para los perfiles de husillo de tres filetes, posicionados excéntricamente, y los elementos de husillo que se derivan de los mismos son válidas las estrategias de huelgo ya mencionadas y los tamaños de huelgo ya mencionados de acuerdo con la figura 15. Asimismo, es posible desplazar los perfiles de husillo que van a producirse dentro de los huelgos. Son válidas a este respecto las afirmaciones de acuerdo con la figura 16. En las figuras 21 a 22 se muestran perfiles de husillo de tres filetes posicionados excéntricamente, en los que una sexta parte del perfil de husillo se compone de como máximo 4 arcos de círculo. La divulgación no está limitada, sin embargo, a perfiles de husillo de tres filetes posicionados excéntricamente, en los que una sexta parte del perfil de husillo se compone de como máximo 4 arcos de círculo. Más bien puede recurrirse a cualquier número de arcos de círculo para generar perfiles de husillo de acuerdo con la invención.

La **figura 23a** muestra, a modo de ejemplo, un par de un elemento transportador de tres filetes excéntrico, que se basa en el perfil de husillo según la figura 19c. El radio de camisa asciende a $RG=0,63$ y el radio de camisa virtual asciende a $RV=0,5567$. El huelgo entre los dos elementos transportadores asciende a $S=0,02$. El huelgo entre los dos elementos transportadores y la camisa asciende a $D=0,01$. El paso de los elementos transportadores asciende a $T=1,2$. La longitud de los elementos transportadores asciende a 1,2, lo que se corresponde con una rotación de los perfiles de husillo un ángulo de 2π . La camisa se representa por líneas delgadas continuas a la izquierda y a la derecha de ambos elementos transportadores. Sobre las superficies de los dos elementos transportadores está representada además una posible rejilla de cálculo, que puede usarse para calcular el flujo en extrusoras de dos y más árboles.

La **figura 23b** muestra, a modo de ejemplo, un par de un elemento de amasado de tres filetes excéntrico, que se basa en el perfil de husillo según la figura 19c. El radio de camisa asciende a $RG=0,63$ y el radio de camisa virtual asciende a $RV=0,5567$. El huelgo entre los discos de amasado de los dos elementos de amasado asciende a $S=0,02$. El huelgo entre los discos de amasado de los dos elementos transportadores y la camisa asciende a $D=0,01$. El elemento de amasado se compone de 7 discos de amasado, que están desplazados entre sí en cada caso un ángulo de $\pi/3$ a derechas. El primer y el último disco de amasado tienen una longitud de 0,09. Los discos de amasado centrales tienen una longitud de 0,18. La acanaladura entre los discos de amasado tiene una longitud de 0,02. La camisa se representa por líneas delgadas continuas a la izquierda y a la derecha de ambos elementos de amasado. Sobre las superficies de los dos elementos de amasado está representada además una posible rejilla de cálculo, que puede usarse para calcular el flujo en extrusoras de dos y más árboles.

Las figuras 18 a 20 muestran perfiles de husillo de tres filetes, en los que el radio exterior de husillo RA adimensional tiene los valores 0,53, 0,5433, 0,5567 y 0,57. Los perfiles de husillo de tres filetes no están limitados a estos valores discretos del radio exterior de husillo adimensional. Aplicando el procedimiento pueden generarse perfiles de husillo de tres filetes con un radio exterior de husillo adimensional en el intervalo de $RA=0,505$ a $RA=0,577$, preferentemente en el intervalo de $RA=0,51$ a $RA=0,57$.

Las figuras 21 a 23 muestran perfiles de husillo de tres filetes posicionados excéntricamente y elementos de husillo, en los que el radio de camisa RG adimensional es igual a 0,63 y el radio de camisa virtual RV es igual a 0,5567. Los perfiles de husillo de tres filetes posicionados excéntricamente de elementos de husillo de acuerdo con la invención y el procedimiento para generar perfiles de husillo de acuerdo con la invención no están limitados a estos valores discretos del radio de camisa o del radio de camisa virtual. Aplicando el procedimiento de acuerdo con la invención

pueden posicionarse perfiles de husillo de tres filetes posicionados excéntricamente en una camisa con un radio RG en el intervalo de 0,51 a 0,707, preferentemente en el intervalo de 0,52 a 0,7, situándose el radio de camisa virtual con un radio RV en el intervalo de 0,505 bis 0,577, preferentemente en el intervalo de 0,51 a 0,57.

Las **figuras 24a a 24f** muestran la transición de un par de perfiles de husillo de dos filetes a un par de perfiles de husillo de un filete. Todas estas figuras presentan la misma estructura, que se describe a continuación en detalle. El perfil de husillo generador se representa por el perfil de husillo izquierdo. El perfil de husillo generado se representa por el perfil de husillo derecho. Ambos perfiles de husillo se componen de 16 arcos de círculo. Los arcos de círculo del perfil de husillo generador y el generado están caracterizados por líneas gruesas continuas, que están dotadas de los respectivos números de arcos de círculo. Debido a los múltiples arcos de círculo y debido a la generación de las figuras por medio de un programa informático puede suceder que los números de arcos de círculo individuales se solapen y que por tanto no puedan leerse bien, véanse, por ejemplo, los arcos de círculo 3', 4' y los arcos de círculo 5', 6', 7' en la figura 24a. Pese a en parte la mala legibilidad de los números individuales, la estructura de los perfiles queda no obstante clara por el contexto en asociación con esta descripción.

Los centros de los arcos de círculo se representan mediante círculos pequeños. Los centros de los arcos de círculo están unidos con líneas delgadas, continuas, tanto con el punto de inicio como con el punto final del arco de círculo correspondiente. El radio exterior de husillo es aproximadamente igual de grande en cada caso para el perfil de husillo generador y para el generado. En la zona de la camisa de husillo, el radio exterior de husillo está caracterizado por una línea delgada, discontinua, y en la zona de engranaje por una línea delgada, de puntos.

La figura 24a muestra un par de perfiles de husillo de dos filetes, con los que se empieza la transición. El perfil de husillo generador y el generado son simétricos entre sí. Los arcos de círculo 1 y 9 del perfil de husillo generador tocan en toda su longitud el radio exterior de husillo. Los arcos de círculo 4, 5 y 12, 13 del perfil de husillo generador tocan en toda su longitud el radio de núcleo. Los arcos de círculo 4', 5' y 12', 13' del perfil de husillo generado tocan en toda su longitud el radio exterior de husillo. Los arcos de círculo 1' y 9' del perfil de husillo generado tocan en toda su longitud el radio de núcleo.

La figura 24f muestra un par de perfiles de husillo de un filete, con los que termina la transición. El perfil de husillo generador y el generado son simétricos entre sí. Los arcos de círculo 1 y 12 del perfil de husillo generador tocan en toda su longitud el radio exterior de husillo. Los arcos de círculo 4 y 9 del perfil de husillo generador tocan en toda su longitud el radio de núcleo. Los arcos de círculo 4' y 9' del perfil de husillo generado tocan en toda su longitud el radio exterior de husillo. Los arcos de círculo 1' y 12' del perfil de husillo generado tocan en toda su longitud el radio de núcleo.

La figura 24b muestra un par de perfiles de transición, en los que la transición de los perfiles de husillo de dos filetes a los perfiles de husillo de un filete se ha completado en un 20 %. La figura 24c muestra un par de perfiles de transición, en los que la transición se ha completado en un 40 %. La figura 24d muestra un par de perfiles de transición, en los que la transición se ha completado en un 60%. La figura 24e muestra un par de perfiles de transición, en los que la transición se ha completado en un 80%.

La transición tiene lugar de tal manera que siempre el arco de círculo 1 del perfil de husillo generador toca en toda su longitud el radio exterior de husillo RA adimensional, con lo cual el arco de círculo 1' correspondiente del perfil de husillo generado toca en toda su longitud el radio de núcleo RI' adimensional. La transición tiene lugar de tal manera que siempre el arco de círculo 4' del perfil de husillo generado toca exterior de husillo RA' adimensional, con lo cual el arco de círculo 4 correspondiente del perfil de husillo generador toca el radio de núcleo RI adimensional. Debido a que siempre se sitúa un arco de círculo del perfil de husillo generador y del generado sobre el radio exterior de husillo o lo toca, se garantiza, durante toda la transición, la limpieza de las superficies interiores de camisa. Además, a partir de las figuras 24b a 24e puede observarse que el perfil de husillo generador y el generado son asimétricos. Un par de elementos de transición consta siempre de un primer elemento de transición, que toca los perfiles de transición generadores, y de un segundo elemento de transición, que toca los perfiles de transición generados.

La figura 24 muestra perfiles de transición, en los que el radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo generador y el radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo generado se sitúan en el intervalo de $RA=RA'=0,6146$ a $RA=RA'=0,6288$. El procedimiento para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza, que giran en el mismo sentido no está limitado a este intervalo del radio exterior de husillo adimensional. Aplicando el procedimiento, los perfiles de husillo con un radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo generador pueden ser entre RA mayor que 0 y RA menor que o igual a 1, preferentemente en el intervalo de $RA=0,52$ a $RA=0,707$. Aplicando el procedimiento, los perfiles de husillo con un radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo generado pueden ser entre RA' mayor que 0 y RA' menor que o igual a 1, preferentemente en el intervalo de $RA'=0,52$ a $RA'=0,707$.

El procedimiento para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido se explicará, a modo de ejemplo, en el par de perfiles de husillo en la figura 24d.

El perfil de husillo generador y el generado se sitúan r en un plano. Por motivos de simplicidad, este plano se sitúa en el plano xy de un sistema de coordenadas cartesiano. Asimismo, por motivos de simplicidad, el centro de rotación del perfil de husillo generador se sitúa en el origen del sistema de coordenadas cartesiano ($x=0$, $y=0$). La distancia entre ejes adimensional entre los dos centros de rotación del perfil de husillo generador y el generado asciende a $A=1$. Por motivos de simplicidad, el centro de rotación del perfil de husillo generado se sitúa sobre la coordenada

$x=A=1$, $y=0$.

El número de arcos de círculo n del perfil de husillo generador se selecciona de modo que n sea un mayor que o igual a 1. En el presente ejemplo, el número de arcos de círculo se selecciona como $n=16$. El radio exterior de husillo RA adimensional del perfil de husillo generador se selecciona de modo que sea mayor que 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes A adimensional. En el presente ejemplo, el radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo generador se selecciona como $RA=0,6203$. El radio de núcleo RI adimensional del perfil de husillo generador se selecciona de modo que sea mayor que o igual a 0 y menor que o igual al radio exterior de husillo RA adimensional. En el presente ejemplo, el radio de núcleo adimensional del perfil de husillo generador se selecciona como $RI=0,3798$. Los arcos de círculo del perfil de husillo generador pueden disponerse en o en contra del sentido de las agujas del reloj alrededor del eje de rotación del perfil de husillo generador. En el presente ejemplo, los arcos de círculo se disponen en contra del sentido de las agujas del reloj alrededor del eje de rotación del perfil de husillo generador.

El ángulo α_1 del primer arco de círculo del perfil de husillo generador se selecciona de modo que sea, en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a 2π . En el presente ejemplo, el ángulo del primer arco de círculo se selecciona como $\alpha_1=0,2744$. El radio adimensional R_1 del primer arco de círculo del perfil de husillo generador se selecciona, de acuerdo con la invención, de modo que sea mayor que o igual a 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes A adimensional. En el presente ejemplo, el radio adimensional del primer arco de círculo se selecciona como $R_1=RA=0,6203$. La posición del primer arco de círculo del perfil de husillo generador se selecciona de modo que el primer arco de círculo se sitúe dentro de o sobre los límites de un anillo circular con el radio exterior RA adimensional y el radio interior RI adimensional, cuyo centro se sitúa sobre el centro de rotación del perfil de husillo generador. La posición se establece, preferentemente, mediante el posicionamiento del punto de inicio y del centro del primer arco de círculo. En el presente ejemplo, el punto de inicio del primer arco de círculo se sitúa sobre la coordenada $x=RA=0,6203$, $y=0,0000$ y el centro del primer arco de círculo se sitúa sobre la coordenada $Mx_1=0,0000$, $My_1=0,0000$. Con ello, el primer arco de círculo se sitúa sobre el radio exterior de husillo RA y se cumple la regla de disposición de que al menos un arco de círculo toque el radio exterior de husillo RA.

Los ángulos $\alpha_2, \dots, \alpha_{(n-1)}$ de $n-2$ arcos de círculo adicionales, es decir 14 arcos de círculo adicionales del perfil de husillo generador se seleccionan de modo que sean, en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a 2π . En el presente ejemplo se seleccionan los ángulos de estos otros 14 arcos de círculo como $\alpha_2=0,6330$, $\alpha_3=0,6330$, $\alpha_4=0,2208$, $\alpha_5=0,1864$, $\alpha_6=0,4003$, $\alpha_7=0,4003$, $\alpha_8=0,3934$, $\alpha_9=0,2744$, $\alpha_{10}=0,6330$, $\alpha_{11}=0,6330$, $\alpha_{12}=0,2208$, $\alpha_{13}=0,1864$, $\alpha_{14}=0,4143$ y $\alpha_{15}=0,4143$. Los radios adimensionales $R_2, \dots, R_{(n-1)}$ de los otros 14 arcos de círculo del perfil de husillo generador se seleccionan de modo que sean mayor que o igual a 0 y menor que o igual a la distancia entre ejes A adimensional. En el presente ejemplo se seleccionan los radios adimensionales de estos otros 14 arcos de círculo como $R_2=0,0000$, $R_3=1,0000$, $R_4=0,3797$, $R_5=0,7485$, $R_6=0,4726$, $R_7=0,4726$, $R_8=0,1977$, $R_9=0,4827$, $R_{10}=0,6000$, $R_{11}=0,4000$, $R_{12}=0,5173$, $R_{13}=0,1485$, $R_{14}=0,8887$ y $R_{15}=0,8887$. De acuerdo con las reglas de disposición, los arcos de círculo se disponen de modo que los arcos de círculo se suceden tangencialmente de modo que se obtiene un perfil de husillo cerrado, convexo, considerándose un arco de círculo, cuyo radio adimensional es igual a 0, como un arco de círculo cuyo radio adimensional es igual a ϵ , siendo ϵ un número real positivo muy pequeño, que tiende a 0 ($\epsilon \ll 1$, $\epsilon \rightarrow 0$). A partir de esta regla de disposición se concluye que el punto final de un arco de círculo es igual al punto de inicio de su arco de círculo subsiguiente. La transición tangencial requerida entre un primer arco de círculo y un segundo arco de círculo subsiguiente se cumple porque el centro de este segundo arco de círculo subsiguiente se sitúa sobre la recta que viene dada por el punto final y el centro de este primer arco de círculo, de modo que la distancia del centro de este segundo arco de círculo subsiguiente con respecto al punto final de este primer arco de círculo es igual al radio de este segundo arco de círculo subsiguiente y el perfil de husillo es convexo. Un arco de círculo, cuyo radio es igual a 0, se considera un arco de círculo con un radio ϵ muy pequeño, en donde ϵ tiende a 0, de modo que la transición tangencial puede seguir construyéndose. Alternativamente, un arco de círculo, cuyo radio es igual a 0, puede considerarse como que el perfil de husillo en la posición de este arco de círculo presenta un acodamiento, estando establecido el tamaño del acodamiento por el ángulo de este arco de círculo. En el presente ejemplo, a partir de la regla de disposición descrita se obtienen como resultado las siguientes posiciones de los centros de los otros 14 arcos de círculo: $Mx_2=0,5971$, $My_2=0,1681$, $Mx_3=-0,0187$, $My_3=-0,6198$, $Mx_4=0,0001$, $My_4=0,0002$, $Mx_5=0,0699$, $My_5=-0,3619$, $Mx_6=-0,0316$, $My_6=-0,1054$, $Mx_7=-0,0316$, $My_7=-0,1054$, $Mx_8=-0,2855$, $My_8=0,0000$, $Mx_9=-0,0005$, $My_9=0,0000$, $Mx_{10}=0,1124$, $My_{10}=0,0318$, $Mx_{11}=-0,0107$, $My_{11}=-0,1258$, $Mx_{12}=-0,0072$, $My_{12}=-0,0086$, $Mx_{13}=0,0626$, $My_{13}=-0,3707$, $Mx_{14}=-0,2097$, $My_{14}=0,3176$, $Mx_{15}=-0,2097$, $My_{15}=0,3176$. El punto final del cuarto arco de círculo o el punto de inicio del quinto arco de círculo se sitúa sobre el radio de núcleo RI adimensional del perfil de husillo generador y se cumple la regla de disposición de que al menos un arco de círculo toque el radio de núcleo RI adimensional.

El ángulo α_{16} del último arco de círculo del perfil de husillo generador se deriva del hecho de que la suma de los ángulos de los 16 arcos de círculo del perfil de husillo generador es, en radianes, igual a 2π , siendo el ángulo α_{16} , en radianes, mayor que o igual a 0 y menor que o igual a 2π . En el presente ejemplo se obtiene el ángulo de este último arco de círculo como $\alpha_{16}=0,3654$. El radio adimensional R_{16} del último arco de círculo del perfil de husillo generador se deriva, de acuerdo con la invención, del hecho de que este último arco de círculo cierra el perfil de husillo generador. Puesto que el punto final del 15º arco de círculo es igual al punto de inicio del primer arco de círculo, se obtiene el radio del 16º arco de círculo como $R_{16}=0,0000$. El centro del 16º arco de círculo se sitúa por tanto en las coordenadas $Mx_{16}=0,6203$, $My_{16}=0,0000$.

La regla de disposición de que todos los arcos de círculo del perfil de husillo generador se sitúan dentro de o en los límites de un anillo circular con el radio exterior RA adimensional y el radio de núcleo RI adimensional, cuyo centro se sitúa sobre el centro de rotación del perfil de husillo generador, se cumple igualmente mediante la selección realizada en el presente ejemplo de los ángulos y radios de los 16 arcos de círculo y su posicionamiento.

5 El perfil de husillo generado se obtiene a partir del perfil de husillo generador. El número de arcos de círculo n' del perfil de husillo generado es igual al número de arcos de círculo n del perfil de husillo generador. En el presente ejemplo se obtiene el número de arcos de círculo del perfil de husillo generado como n'=16. El radio exterior de husillo RA' adimensional del perfil de husillo generado es, de acuerdo con la invención, igual a la diferencia de la distancia entre ejes A adimensional menos el radio de núcleo RI adimensional del perfil de husillo generador. En el presente ejemplo, el radio exterior de husillo adimensional del perfil de husillo generado se obtiene como RA'=A-RI=0,6202. El radio de núcleo RI' adimensional del perfil de husillo generado es igual a la diferencia de la distancia entre ejes A adimensional menos el radio exterior de husillo RA adimensional del perfil de husillo generador. En el presente ejemplo, el radio de núcleo adimensional del perfil de husillo generado se obtiene como RI'=A-RA=0,3797.

15 El ángulo α_i' del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado es igual al ángulo α_i del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador, siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n'. En el presente ejemplo, los ángulos de los 16 arcos de círculo del perfil de husillo generado se obtienen como $\alpha_1'=\alpha_1=0,2744$, $\alpha_2'=\alpha_2=0,6330$, $\alpha_3'=\alpha_3=0,6330$, $\alpha_4'=\alpha_4=0,2208$, $\alpha_5'=\alpha_5=0,1864$, $\alpha_6'=\alpha_6=0,4003$, $\alpha_7'=\alpha_7=0,4003$, $\alpha_8'=\alpha_8=0,3934$, $\alpha_9'=\alpha_9=0,2744$, $\alpha_{10}'=\alpha_{10}=0,6330$, $\alpha_{11}'=\alpha_{11}=0,6330$, $\alpha_{12}'=\alpha_{12}=0,2208$, $\alpha_{13}'=\alpha_{13}=0,1864$, $\alpha_{14}'=\alpha_{14}=0,4143$, $\alpha_{15}'=\alpha_{15}=0,4143$ y $\alpha_{16}'=\alpha_{16}=0,3654$.

25 La suma del radio adimensional R_{i'} del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado y del radio adimensional R_i del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador es igual a la distancia entre ejes A adimensional, siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n' ($R_{1'}+R_1=A=1$, ..., $R_{n'}+R_n=A=1$). En el presente ejemplo, los radios de los 16 arcos de círculo del perfil de husillo generado se obtienen como $R_{1'}=A-R_1=1-0,6203=0,3797$, $R_{2'}=A-R_2=1-0,0000=1,0000$, $R_{3'}=A-R_3=1-1,0000=0,0000$, $R_{4'}=A-R_4=1-0,3797=0,6203$, $R_{5'}=A-R_5=1-0,7485=0,2515$, $R_{6'}=A-R_6=1-0,4726=0,5274$, $R_{7'}=A-R_7=1-0,4726=0,5274$, $R_{8'}=A-R_8=1-0,1977=0,8023$, $R_{9'}=A-R_9=1-0,4827=0,5173$, $R_{10}'=A-R_{10}=1-0,6000=0,4000$, $R_{11}'=A-R_{11}=1-0,4000=0,6000$, $R_{12}'=A-R_{12}=1-0,5173=0,4827$, $R_{13}'=A-R_{13}=1-0,1485=0,8515$, $R_{14}'=A-R_{14}=1-0,8887=0,1113$ y $R_{15}'=A-R_{15}=1-0,8887=0,1113$ y $R_{16}'=A-R_{16}=1-0,0000=1,0000$.

35 El centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado tiene una distancia con respecto al centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador, que es igual a la distancia entre ejes A adimensional, y el centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado tiene una distancia con respecto al centro de rotación del perfil de husillo generador, que es igual a la distancia del centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador con respecto al centro de rotación del perfil de husillo generador, y la línea de unión entre el centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado y el centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador es una paralela a una línea de unión entre el centro de rotación del perfil de husillo generado y el centro de rotación del perfil de husillo generador, siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n' (i'=i). Mediante el posicionamiento del centro de rotación del perfil de husillo generador en el punto x=0, y=0 y mediante el posicionamiento del centro de rotación del perfil de husillo generado en el punto x=A=1, y=0 se obtiene la coordenada x de un centro de círculo Mx_{i'} del perfil de husillo generado a partir de la adición de la coordenada x del centro de círculo Mx_i del perfil de husillo generador más la distancia entre ejes A adimensional y la coordenada y del centro de círculo My_{i'} del perfil de husillo generado es igual a la coordenada y del centro de círculo My_i del perfil de husillo generador. En el presente ejemplo, las posiciones de los centros de los 16 arcos de círculo del perfil de husillo generado se obtienen como Mx_{1'}=1,0000, My_{1'}=0,0000, Mx_{2'}=1,5971, My_{2'}=0,1681, Mx_{3'}=0,9813, My_{3'}=-0,6198, Mx_{4'}=1,0001, My_{4'}=0,0002, Mx_{5'}=1,0699, My_{5'}=-0,3619, Mx_{6'}=0,9684, My_{6'}=-0,1054, Mx_{7'}=0,9684, My_{7'}=-0,1054, Mx_{8'}=0,7145, My_{8'}=0,0000, Mx_{9'}=0,9995, My_{9'}=0,0000, Mx_{10'}=1,1124, My_{10'}=0,0318, Mx_{11'}=0,9893, My_{11'}=-0,1258, Mx_{12'}=0,9928, My_{12'}=-0,0086, Mx_{13'}=1,0626, My_{13'}=-0,3707, Mx_{14'}=0,7903, My_{14'}=0,3176, Mx_{15'}=0,7903, My_{15'}=0,3176 y Mx_{16'}=1,6203, My_{16'}=0,0000.

55 Un punto de inicio del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado se sitúa en una dirección con respecto al centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generado, que es opuesta a la dirección que tiene un punto de inicio del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador con respecto al centro del i-ésimo arco de círculo del perfil de husillo generador, siendo i e i' números enteros, que abarcan conjuntamente todos los valores en el intervalo desde 1 hasta el número de arcos de círculo n o n' (i'=i). En el presente ejemplo, el punto de inicio del primer arco de círculo del perfil de husillo generado se sitúa, por tanto, a modo de ejemplo, sobre la coordenada x=0,6203, y=0.

60 A partir del procedimiento para generar perfiles de husillo planos, que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido se concluye, en el presente ejemplo, para el perfil de husillo generado, que todos los 16 arcos de círculo del perfil de husillo generado se suceden tangencialmente y forman un perfil de husillo cerrado, convexo. Todos los 16 arcos de círculo del perfil de husillo generado se sitúan también dentro de o en los límites de un anillo circular con el radio exterior RA' adimensional y el radio de núcleo RI' adimensional, cuyo centro se sitúa

sobre el centro de rotación del perfil de husillo generado. Además, el primer arco de círculo del perfil de husillo generado se sitúa sobre el radio de núcleo Rl' adimensional y se cumple la regla de disposición de que al menos un arco de círculo toque el radio de núcleo Rl' adimensional. Además, el punto final del cuarto arco de círculo o el punto de inicio del quinto arco de círculo del perfil de husillo generado se sitúa sobre el radio exterior de husillo RA' adimensional del perfil de husillo generado y se cumple la regla de disposición de que al menos un arco de círculo toque el radio exterior de husillo RA' adimensional.

La figura 26 muestra una camisa de husillo en forma de ocho con dos perforaciones. La zona en la que se interpenetran dos perforaciones de camisa, se denomina zona de engranaje. Los dos puntos de intersección de las dos perforaciones de camisa se denominan puntos de engranaje de camisa. Además está dibujado el ángulo de apertura δ_{gz} entre los dos puntos de intersección de camisa.

La **figura 27** muestra los ángulos δ_{fb1} , δ_{fb2} , δ_{nb1} , δ_{nb2} , δ_{kb1} , δ_{kb2} y δ_{gb} con ayuda de un perfil de husillo de acuerdo con la invención.

En las figuras se usan como máximo 16 arcos de círculo para describir un perfil de husillo generador o uno generado. Los procedimientos no están limitados, sin embargo, en ningún caso a como máximo 16 arcos de círculo. Más bien puede recurrirse a cualquier número de arcos de círculo para generar perfiles de husillo. En particular es posible, de este modo, aproximar, con una precisión deseada, perfiles de husillo, que no están construidos a partir de arcos de círculo y que por tanto no presentan autolimpieza, mediante un número suficientemente alto de arcos de círculo.

A partir de un perfil de husillo (generador o generado) puede calcularse el perfil en corte longitudinal. Preferentemente, cada arco de círculo de un perfil de husillo se utiliza para calcular, por medio de una función explícita, una parte del corte longitudinal perteneciente a este arco de círculo.

Para el cálculo de la distancia s de un punto de un arco de círculo de un perfil de husillo con respecto al eje de rotación, en una primera etapa se determina el punto de intersección (S_x, S_y) de una recta g , caracterizada porque dicha recta se sitúa en el plano del perfil de husillo, pasa por el centro de rotación del perfil de husillo y la orientación de la recta viene dada por el ángulo φ , con un arco de círculo kb , caracterizado por su radio r y la ubicación de su centro (M_x, M_y) . En una segunda etapa, se calcula la distancia s del punto de intersección (S_x, S_y) con respecto al centro de rotación del perfil de husillo. El cálculo de un punto de intersección de una recta con un arco de círculo puede representarse por una función explícita. Lo mismo es válido para el cálculo de la distancia. Para la distancia es válido, por tanto, que $s=s(\varphi, r, M_x, M_y)$. El ángulo φ puede recalcularse, si se conoce el paso t de un elemento de husillo, a través de $\varphi/2\pi*t$ a una posición axial z_{ax} , de modo que para la distancia es válido que $s=s(z_{ax}, r, M_x, M_y)=s(\varphi/2\pi*t, r, M_x, M_y)$. La función $s(z_{ax}, r, M_x, M_y)$ describe el corte longitudinal buscado para un arco de círculo del perfil de husillo.

REIVINDICACIONES

1. Elementos de husillo con perfiles de husillo que engranan estrechamente, con autolimpieza y que giran en el mismo sentido para máquinas de husillo de varios árboles con árboles de husillo en el mismo sentido por parejas y que realizan un rascado exacto por parejas, presentando el perfil de husillo generador y el generado una sucesión de zona de estanqueidad - zona de transición - zona de canal - zona de transición, en donde una zona de estanqueidad es una sucesión de zona de cresta - zona de flanco - zona de cresta, una zona de canal es una sucesión de zona de acanaladura - zona de flanco - zona de acanaladura y una zona de transición es una sucesión de zonas de perfil de husillo, que empieza con una zona de flanco y termina con una zona de flanco, **caracterizados porque**
- la zona de estanqueidad de los elementos de husillo está caracterizada porque
- la zona de flanco tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{fb1} , que es mayor que o igual a la mitad del ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{fb1} \geq \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, y que, preferentemente, es mayor que o igual al ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{fb1} \geq 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, siendo ra un radio exterior de husillo y a una distancia entre ejes entre los ejes de rotación del perfil de husillo generador y del generado,
 - una zona de cresta tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{kb1} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{kb1} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes, $\delta_{kb1} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$,
 - la otra zona de cresta tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{kb2} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{kb2} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes, $\delta_{kb2} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$,
- y la zona de canal de los elementos de husillo está caracterizada porque
- la zona de flanco tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{fb2} , que es mayor que o igual a la mitad del ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{fb2} \geq \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, y que, preferentemente, es mayor que o igual al ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{fb2} \geq 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, y la distancia mínima de la zona de flanco con respecto al radio exterior de husillo ra es mayor que la mitad de la profundidad de filete h ,
 - una zona de acanaladura tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{nb1} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{nb1} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes, $\delta_{nb1} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$,
 - la otra zona de acanaladura tiene, con respecto al centro de rotación del perfil de husillo, un ángulo δ_{nb2} , que es menor que o igual a la diferencia del ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de un filete menos el ángulo de apertura entre los dos puntos de engranaje de camisa, $\delta_{nb2} \leq \pi - 4 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$, y que, preferentemente, es menor que o igual al ángulo de cresta de un perfil de husillo de Erdmenger de dos filetes, $\delta_{nb2} \leq \pi/2 - 2 \cdot \arccos(0,5 \cdot a/ra)$.
2. Elementos de husillo según la reivindicación 1, **caracterizados porque** la suma de los ángulos de las zonas de cresta y de flanco δ_{kb1} , δ_{kb2} y δ_{fb1} de la zona de estanqueidad se sitúa, preferentemente, en el intervalo de $0,75 \cdot \delta_{gz}$ a $2 \cdot \delta_{gb} + \delta_{gz}$ y, de manera especialmente preferente, en el intervalo de δ_{gz} a $\delta_{gb} + \delta_{gz}$ y la suma de los ángulos de las zonas de acanaladura y de flanco δ_{nb1} , δ_{nb2} y δ_{fb2} de la zona de canal se sitúa, preferentemente, en el intervalo de $0,75 \cdot \delta_{gz}$ a $2 \cdot \delta_{gb} + \delta_{gz}$ y, de manera especialmente preferente, en el intervalo de δ_{gz} a $\delta_{gb} + \delta_{gz}$.
3. Elementos de husillo según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizados porque** la zona de transición se compone de una zona de flanco.
4. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 3, con perfiles de husillo, que provocan una estanqueidad lineal de la zona de engranaje.
5. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 4, con perfiles de husillo, que provocan una estanqueidad puntual de la zona de engranaje.
6. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizados porque** la distancia máxima de las zonas de cresta de la zona de estanqueidad de los perfiles de husillo con respecto a la camisa se sitúa, preferentemente, en el intervalo de 0 a 0,05 veces la distancia entre ejes, de manera especialmente preferente, en el intervalo de 0 a 0,025 veces la distancia entre ejes.
7. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 6 con un número de filetes $z=1$.

8. Elementos de husillo según la reivindicación 7 con perfiles de husillo de 8 círculos.
9. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 6 con un número de filetes $z=3$ y un posicionamiento excéntrico.
- 5 10. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizados porque** están configurados como elementos transportadores o elementos de mezclado.
11. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizados porque** están configurados como elementos de amasado.
12. Elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizados porque** están configurados como elementos de transición.
- 10 13. Uso de elementos de husillo según una de las reivindicaciones 1 a 12 en una máquina de husillo de varios árboles.

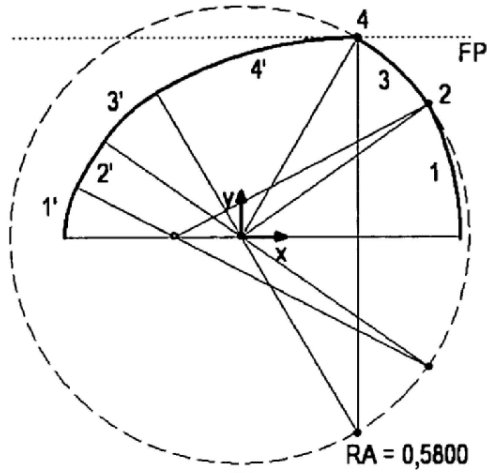


Figura 1a

- 1) $R = 0,7245$ $M_x = -0,1685$
 $\alpha = 0,4771$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4751$
 $\alpha = 0,1338$ $M_y = 0,3327$
- 3) $R = 0,5800$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,4285$ $M_y = 0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4200$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,4285$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4751$
 $\alpha = 0,1338$ $M_y = -0,3327$
- 1') $R = 0,2755$ $M_x = -0,1685$
 $\alpha = 0,4771$ $M_y = 0,0000$

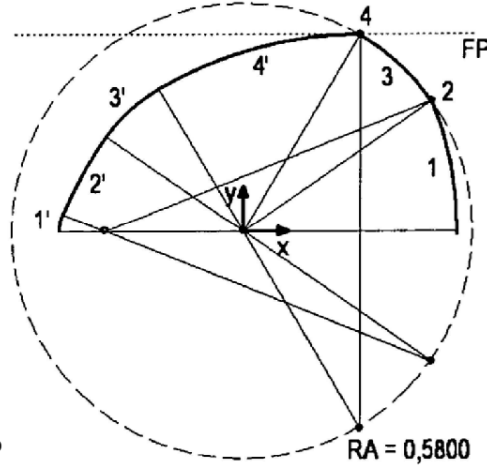


Figura 1b

- 1) $R = 0,8852$ $M_x = -0,3452$
 $\alpha = 0,3853$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4751$
 $\alpha = 0,2256$ $M_y = 0,3327$
- 3) $R = 0,5800$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,4285$ $M_y = 0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4200$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,4285$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4751$
 $\alpha = 0,2256$ $M_y = -0,3327$
- 1') $R = 0,1148$ $M_x = -0,3452$
 $\alpha = 0,3853$ $M_y = 0,0000$

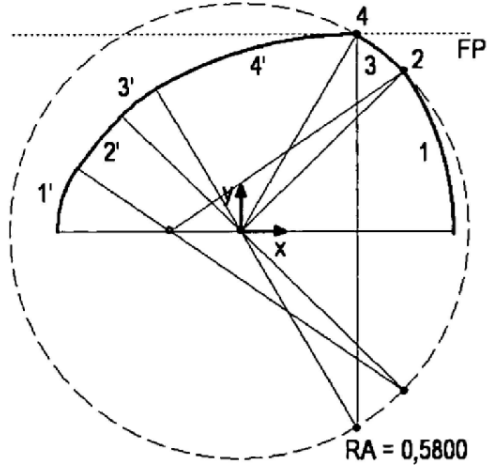


Figura 1c

- 1) $R = 0,7173$ $M_x = -0,1773$
 $\alpha = 0,6025$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4137$
 $\alpha = 0,1742$ $M_y = 0,4065$
- 3) $R = 0,5800$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,2627$ $M_y = 0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4200$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,2627$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4137$
 $\alpha = 0,1742$ $M_y = -0,4065$
- 1') $R = 0,2827$ $M_x = -0,1773$
 $\alpha = 0,6025$ $M_y = 0,0000$

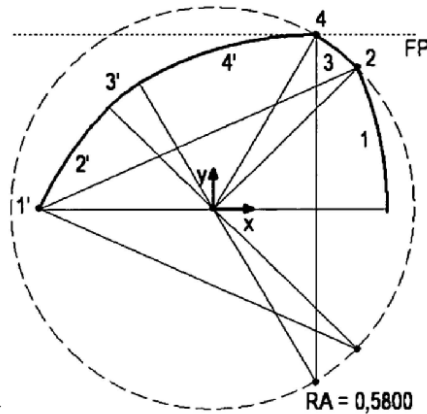


Figura 1d

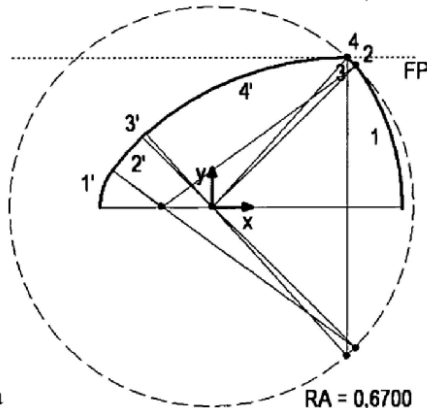


Figura 2a

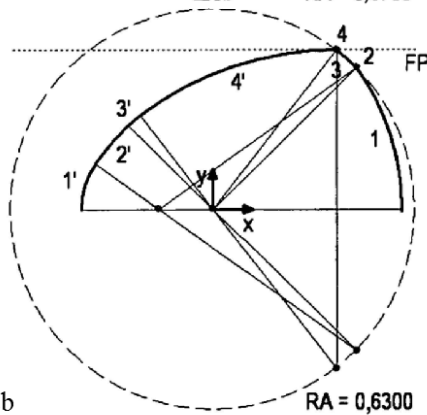


Figura 2b

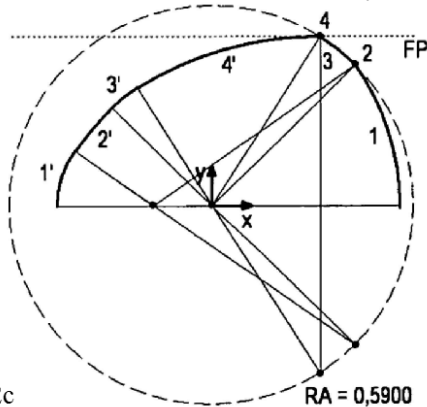


Figura 2c

- | | | |
|-----|-------------------|--------------|
| 1) | R = 0,9999 | Mx = -0,4998 |
| | $\alpha = 0,4187$ | My = 0,0000 |
| 2) | R = 0,0000 | Mx = 0,4137 |
| | $\alpha = 0,3580$ | My = 0,4065 |
| 3) | R = 0,5800 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,2627$ | My = 0,0000 |
| 4) | R = 0,0000 | Mx = 0,2939 |
| | $\alpha = 0,5315$ | My = 0,5000 |
| 4') | R = 1,0000 | Mx = 0,2939 |
| | $\alpha = 0,5315$ | My = -0,5000 |
| 3') | R = 0,4200 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,2627$ | My = 0,0000 |
| 2') | R = 1,0000 | Mx = 0,4137 |
| | $\alpha = 0,3580$ | My = -0,4065 |
| 1') | R = 0,0001 | Mx = -0,4998 |
| | $\alpha = 0,4187$ | My = 0,0000 |
| 1) | R = 0,7964 | Mx = -0,1664 |
| | $\alpha = 0,6371$ | My = 0,0000 |
| 2) | R = 0,0000 | Mx = 0,4738 |
| | $\alpha = 0,1483$ | My = 0,4738 |
| 3) | R = 0,6700 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,0570$ | My = 0,0000 |
| 4) | R = 0,0000 | Mx = 0,4460 |
| | $\alpha = 0,7284$ | My = 0,5000 |
| 4') | R = 1,0000 | Mx = 0,4460 |
| | $\alpha = 0,7284$ | My = -0,5000 |
| 3') | R = 0,3300 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,0570$ | My = 0,0000 |
| 2') | R = 1,0000 | Mx = 0,4738 |
| | $\alpha = 0,1483$ | My = -0,4738 |
| 1') | R = 0,2036 | Mx = -0,1664 |
| | $\alpha = 0,6371$ | My = 0,0000 |
| 1) | R = 0,7588 | Mx = -0,1688 |
| | $\alpha = 0,6274$ | My = 0,0000 |
| 2) | R = 0,0000 | Mx = 0,4455 |
| | $\alpha = 0,1580$ | My = 0,4455 |
| 3) | R = 0,6300 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,1314$ | My = 0,0000 |
| 4) | R = 0,0000 | Mx = 0,3833 |
| | $\alpha = 0,6540$ | My = 0,5000 |
| 4') | R = 1,0000 | Mx = 0,3833 |
| | $\alpha = 0,6540$ | My = -0,5000 |
| 3') | R = 0,3700 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,1314$ | My = 0,0000 |
| 2') | R = 1,0000 | Mx = 0,4455 |
| | $\alpha = 0,1580$ | My = -0,4455 |
| 1') | R = 0,2412 | Mx = -0,1688 |
| | $\alpha = 0,6274$ | My = 0,0000 |
| 1) | R = 0,7217 | Mx = -0,1717 |
| | $\alpha = 0,6164$ | My = 0,0000 |
| 2) | R = 0,0000 | Mx = 0,4172 |
| | $\alpha = 0,1690$ | My = 0,4172 |
| 3) | R = 0,5900 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,2258$ | My = 0,0000 |
| 4) | R = 0,0000 | Mx = 0,3132 |
| | $\alpha = 0,5596$ | My = 0,5000 |
| 4') | R = 1,0000 | Mx = 0,3132 |
| | $\alpha = 0,5596$ | My = -0,5000 |
| 3') | R = 0,4100 | Mx = 0,0000 |
| | $\alpha = 0,2258$ | My = 0,0000 |
| 2') | R = 1,0000 | Mx = 0,4172 |
| | $\alpha = 0,1690$ | My = -0,4172 |
| 1') | R = 0,2783 | Mx = -0,1717 |
| | $\alpha = 0,6164$ | My = 0,0000 |

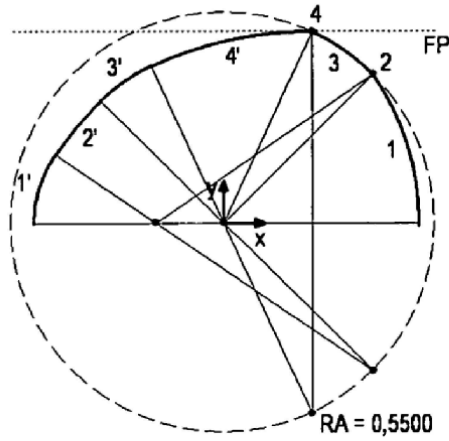


Figura 2d

- 1) $R = 0,6851$ $M_x = -0,1751$
 $\alpha = 0,6037$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,3889$
 $\alpha = 0,1817$ $M_y = 0,3889$
- 3) $R = 0,5500$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,3557$ $M_y = 0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,2291$
 $\alpha = 0,4297$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,2291$
 $\alpha = 0,4297$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4500$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,3557$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,3889$
 $\alpha = 0,1817$ $M_y = -0,3889$
- 1') $R = 0,3149$ $M_x = -0,1751$
 $\alpha = 0,6037$ $M_y = 0,0000$

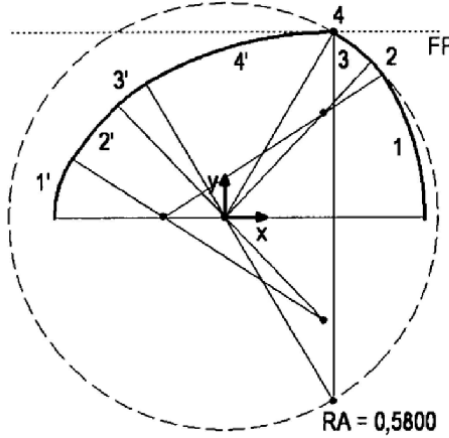


Figura 3a

- 1) $R = 0,7081$ $M_x = -0,1655$
 $\alpha = 0,5766$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,1924$ $M_x = 0,2668$
 $\alpha = 0,2350$ $M_y = 0,2812$
- 3) $R = 0,5800$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,2278$ $M_y = -0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,2940$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,2940$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4200$ $M_x = 0,0000$
 $\alpha = 0,2278$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 0,8076$ $M_x = 0,2668$
 $\alpha = 0,2350$ $M_y = -0,2812$
- 1') $R = 0,2919$ $M_x = -0,1655$
 $\alpha = 0,5766$ $M_y = 0,0000$

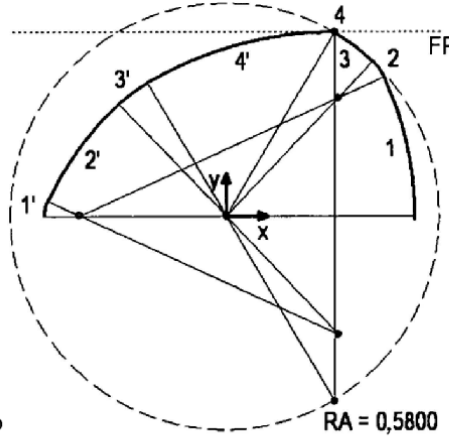


Figura 3b

- 1) $R = 0,9061$ $M_x = -0,3937$
 $\alpha = 0,4304$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,1385$ $M_x = 0,3039$
 $\alpha = 0,3812$ $M_y = 0,3202$
- 3) $R = 0,5800$ $M_x = -0,0000$
 $\alpha = 0,2278$ $M_y = -0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,2939$
 $\alpha = 0,5315$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4200$ $M_x = -0,0000$
 $\alpha = 0,2278$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 0,8615$ $M_x = 0,3039$
 $\alpha = 0,3812$ $M_y = -0,3202$
- 1') $R = 0,0939$ $M_x = -0,3937$
 $\alpha = 0,4304$ $M_y = 0,0000$

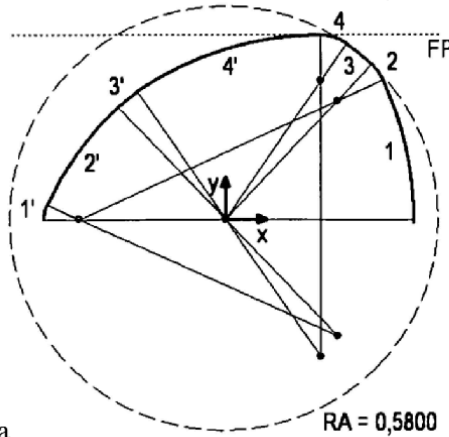


Figura 4a

- 1) $R = 0,9061$ $M_x = -0,3937$
 $\alpha = 0,4304$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,1385$ $M_x = 0,3039$
 $\alpha = 0,3812$ $M_y = 0,3202$
- 3) $R = 0,5800$ $M_x = -0,0000$
 $\alpha = 0,1580$ $M_y = -0,0000$
- 4) $R = 0,1239$ $M_x = 0,2580$
 $\alpha = 0,6013$ $M_y = 0,3761$
- 4') $R = 0,8761$ $M_x = 0,2580$
 $\alpha = 0,6013$ $M_y = -0,3761$
- 3') $R = 0,4200$ $M_x = -0,0000$
 $\alpha = 0,1580$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 0,8615$ $M_x = 0,3039$
 $\alpha = 0,3812$ $M_y = -0,3202$
- 1') $R = 0,0939$ $M_x = -0,3937$
 $\alpha = 0,4304$ $M_y = 0,0000$

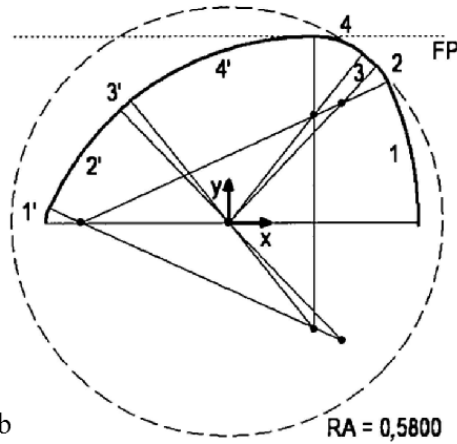


Figura 4b

- 1) $R = 0,9061$ $M_x = -0,3937$
 $\alpha = 0,4304$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,1385$ $M_x = 0,3039$
 $\alpha = 0,3812$ $M_y = 0,3202$
- 3) $R = 0,5800$ $M_x = -0,0000$
 $\alpha = 0,0881$ $M_y = -0,0000$
- 4) $R = 0,2111$ $M_x = 0,2294$
 $\alpha = 0,6711$ $M_y = 0,2889$
- 4') $R = 0,7889$ $M_x = 0,2294$
 $\alpha = 0,6711$ $M_y = -0,2889$
- 3') $R = 0,4200$ $M_x = -0,0000$
 $\alpha = 0,0881$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 0,8615$ $M_x = 0,3039$
 $\alpha = 0,3812$ $M_y = -0,3202$
- 1') $R = 0,0939$ $M_x = -0,3937$
 $\alpha = 0,4304$ $M_y = 0,0000$

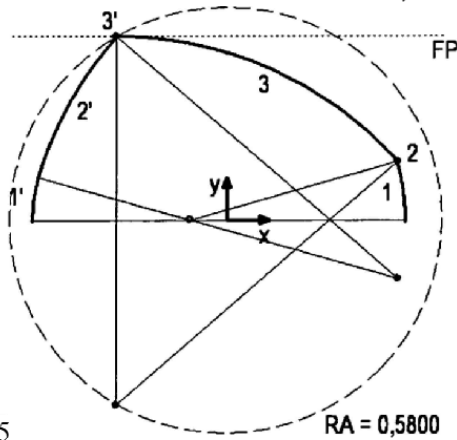


Figura 5

- 1) $R = 0,5800$ $M_x = -0,1001$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4574$
 $\alpha = 0,4414$ $M_y = 0,1599$
- 3) $R = 1,0000$ $M_x = -0,2940$
 $\alpha = 0,8501$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,0000$ $M_x = -0,2940$
 $\alpha = 0,8501$ $M_y = 0,5000$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4574$
 $\alpha = 0,4414$ $M_y = -0,1599$
- 1') $R = 0,4200$ $M_x = -0,1001$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$

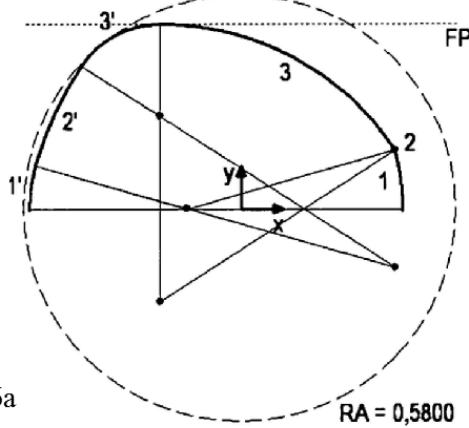


Figura 6a

- 1) $R = 0,5800$ $M_x = -0,1448$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4127$
 $\alpha = 0,2989$ $M_y = 0,1599$
- 3) $R = 0,7500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 0,9926$ $M_y = -0,2500$
- 3') $R = 0,2500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 0,9926$ $M_y = 0,2500$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4127$
 $\alpha = 0,2989$ $M_y = -0,1599$
- 1') $R = 0,4200$ $M_x = -0,1448$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$

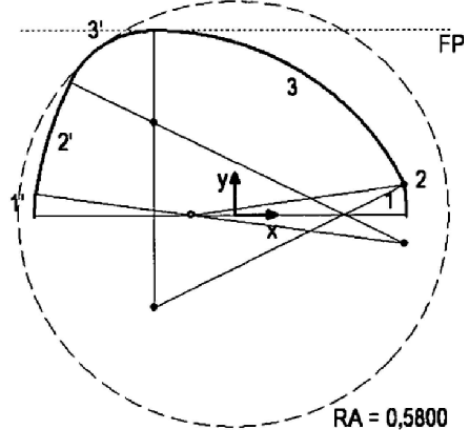


Figura 6b

- 1) $R = 0,5800$ $M_x = -0,1166$
 $\alpha = 0,1396$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4577$
 $\alpha = 0,3171$ $M_y = 0,0807$
- 3) $R = 0,7500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 1,1141$ $M_y = -0,2500$
- 3') $R = 0,2500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 1,1141$ $M_y = 0,2500$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4577$
 $\alpha = 0,3171$ $M_y = -0,0807$
- 1') $R = 0,4200$ $M_x = -0,1166$
 $\alpha = 0,1396$ $M_y = 0,0000$

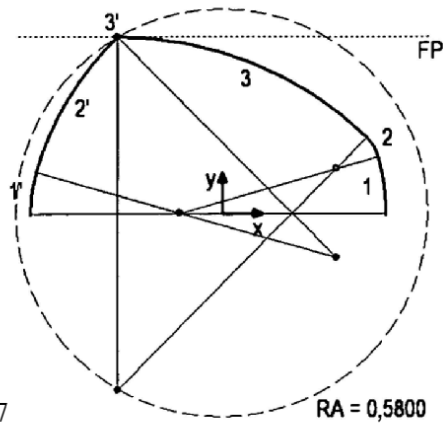


Figura 7

- 1) $R = 0,5800$ $M_x = -0,1194$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,1250$ $M_x = 0,3180$
 $\alpha = 0,5170$ $M_y = 0,1254$
- 3) $R = 1,0000$ $M_x = -0,2940$
 $\alpha = 0,7745$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,0000$ $M_x = -0,2940$
 $\alpha = 0,7745$ $M_y = 0,5000$
- 2') $R = 0,8750$ $M_x = 0,3180$
 $\alpha = 0,5170$ $M_y = -0,1254$
- 1') $R = 0,4200$ $M_x = -0,1194$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$

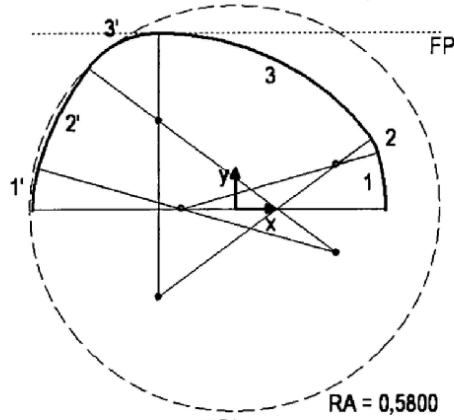


Figura 8a

- 1) $R = 0,5800$ $M_x = -0,1531$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,1250$ $M_x = 0,2843$
 $\alpha = 0,3651$ $M_y = 0,1254$
- 3) $R = 0,7500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 0,9265$ $M_y = -0,2500$
- 3') $R = 0,2500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 0,9265$ $M_y = 0,2500$
- 2') $R = 0,8750$ $M_x = 0,2843$
 $\alpha = 0,3651$ $M_y = -0,1254$
- 1') $R = 0,4200$ $M_x = -0,1531$
 $\alpha = 0,2793$ $M_y = 0,0000$

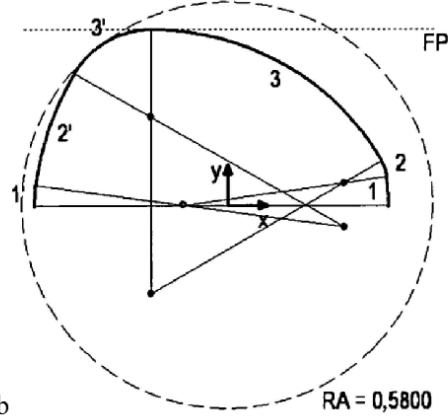


Figura 8b

- 1) $R = 0,5800$ $M_x = -0,1252$
 $\alpha = 0,1396$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,1250$ $M_x = 0,3254$
 $\alpha = 0,3855$ $M_y = 0,0633$
- 3) $R = 0,7500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 1,0457$ $M_y = -0,2500$
- 3') $R = 0,2500$ $M_x = -0,2154$
 $\alpha = 1,0457$ $M_y = 0,2500$
- 2') $R = 0,8750$ $M_x = 0,3254$
 $\alpha = 0,3855$ $M_y = -0,0633$
- 1') $R = 0,4200$ $M_x = -0,1252$
 $\alpha = 0,1396$ $M_y = 0,0000$

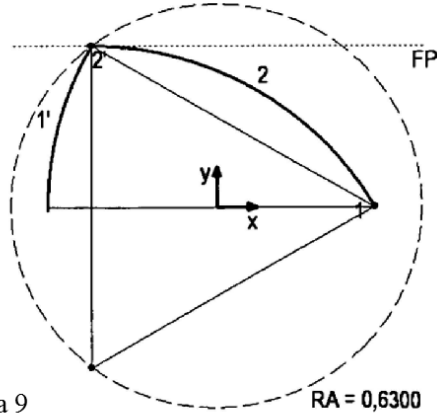


Figura 9

- 1) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4827$
 $\alpha = 0,5236$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 1,0000$ $M_x = -0,3833$
 $\alpha = 1,0472$ $M_y = -0,5000$
- 2') $R = 0,0000$ $M_x = -0,3833$
 $\alpha = 1,0472$ $M_y = 0,5000$
- 1') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4827$
 $\alpha = 0,5236$ $M_y = 0,0000$

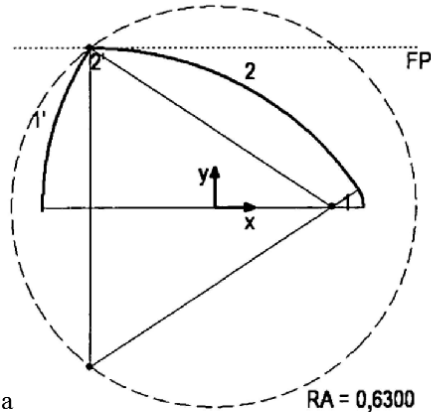


Figura 10a

- 1) $R = 0,1000$ $Mx = 0,3650$
 $\alpha = 0,5890$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 1,0000$ $Mx = -0,3833$
 $\alpha = 0,9818$ $My = -0,5000$
- 2') $R = 0,0000$ $Mx = -0,3833$
 $\alpha = 0,9818$ $My = 0,5000$
- 1') $R = 0,9000$ $Mx = 0,3650$
 $\alpha = 0,5890$ $My = 0,0000$

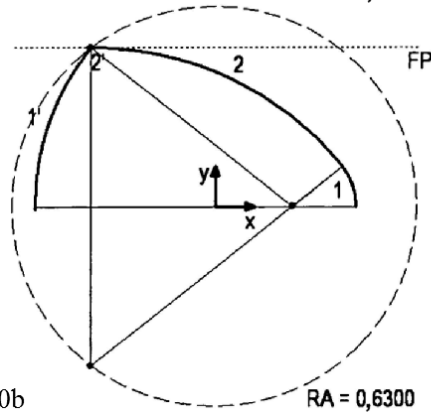


Figura 10b

- 1) $R = 0,2000$ $Mx = 0,2412$
 $\alpha = 0,6751$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 1,0000$ $Mx = -0,3833$
 $\alpha = 0,8957$ $My = -0,5000$
- 2') $R = 0,0000$ $Mx = -0,3833$
 $\alpha = 0,8957$ $My = 0,5000$
- 1') $R = 0,8000$ $Mx = 0,2412$
 $\alpha = 0,6751$ $My = 0,0000$

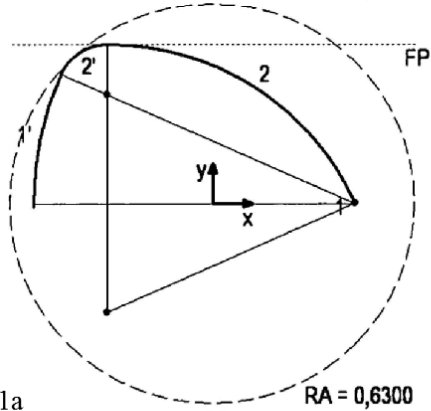


Figura 11a

- 1) $R = 0,0000$ $Mx = 0,4443$
 $\alpha = 0,4189$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 0,8428$ $Mx = -0,3256$
 $\alpha = 1,1519$ $My = -0,3428$
- 2') $R = 0,1572$ $Mx = -0,3256$
 $\alpha = 1,1519$ $My = 0,3428$
- 1') $R = 1,0000$ $Mx = 0,4443$
 $\alpha = 0,4189$ $My = 0,0000$

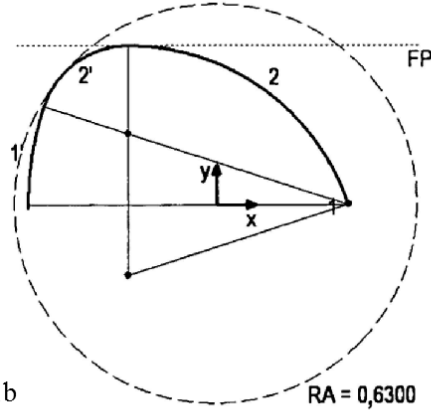


Figura 11b

- 1) $R = 0,0000$ $Mx = 0,4142$
 $\alpha = 0,3142$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 0,7236$ $Mx = -0,2739$
 $\alpha = 1,2566$ $My = -0,2236$
- 2') $R = 0,2764$ $Mx = -0,2739$
 $\alpha = 1,2566$ $My = 0,2236$
- 1') $R = 1,0000$ $Mx = 0,4142$
 $\alpha = 0,3142$ $My = 0,0000$

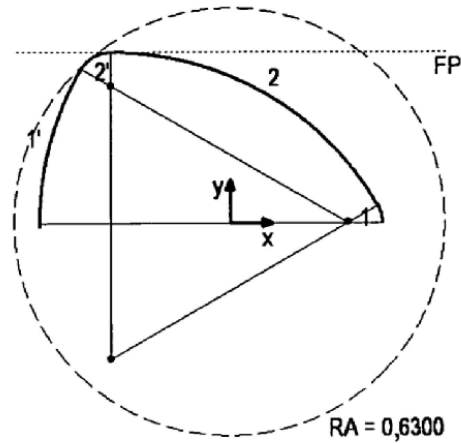


Figura 12a

- 1) $R = 0,1000$ $M_x = 0,3451$
 $\alpha = 0,5236$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,9000$ $M_x = -0,3477$
 $\alpha = 1,0472$ $M_y = -0,4000$
- 2') $R = 0,1000$ $M_x = -0,3477$
 $\alpha = 1,0472$ $M_y = 0,4000$
- 1') $R = 0,9000$ $M_x = 0,3451$
 $\alpha = 0,5236$ $M_y = 0,0000$

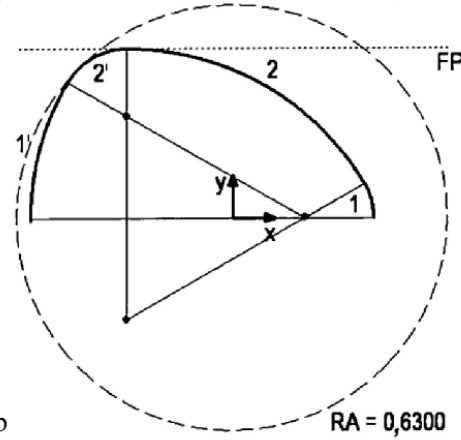


Figura 12b

- 1) $R = 0,2000$ $M_x = 0,2116$
 $\alpha = 0,5236$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,8000$ $M_x = -0,3081$
 $\alpha = 1,0472$ $M_y = -0,3000$
- 2') $R = 0,2000$ $M_x = -0,3081$
 $\alpha = 1,0472$ $M_y = 0,3000$
- 1') $R = 0,8000$ $M_x = 0,2116$
 $\alpha = 0,5236$ $M_y = 0,0000$

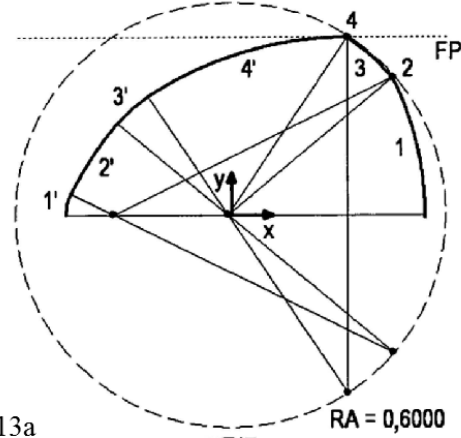


Figura 13a

- 1) $R = 0,8681$ $M_x = -0,3281$
 $\alpha = 0,4603$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4496$
 $\alpha = 0,2378$ $M_y = 0,3857$
- 3) $R = 0,6000$ $M_x = -0,0100$
 $\alpha = 0,2870$ $M_y = 0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,3216$
 $\alpha = 0,5856$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,3216$
 $\alpha = 0,5856$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4000$ $M_x = -0,0100$
 $\alpha = 0,2870$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4496$
 $\alpha = 0,2378$ $M_y = -0,3857$
- 1') $R = 0,1319$ $M_x = -0,3281$
 $\alpha = 0,4603$ $M_y = 0,0000$

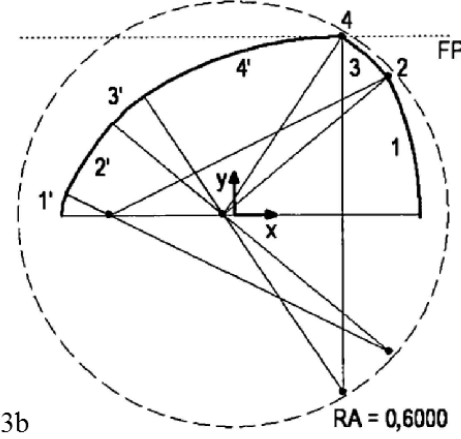


Figura 13b

- 1) $R = 0,8681$ $M_x = -0,3481$
 $\alpha = 0,4603$ $M_y = 0,0000$
- 2) $R = 0,0000$ $M_x = 0,4296$
 $\alpha = 0,2378$ $M_y = 0,3857$
- 3) $R = 0,6000$ $M_x = -0,0300$
 $\alpha = 0,2870$ $M_y = 0,0000$
- 4) $R = 0,0000$ $M_x = 0,3016$
 $\alpha = 0,5856$ $M_y = 0,5000$
- 4') $R = 1,0000$ $M_x = 0,3016$
 $\alpha = 0,5856$ $M_y = -0,5000$
- 3') $R = 0,4000$ $M_x = -0,0300$
 $\alpha = 0,2870$ $M_y = 0,0000$
- 2') $R = 1,0000$ $M_x = 0,4296$
 $\alpha = 0,2378$ $M_y = -0,3857$
- 1') $R = 0,1319$ $M_x = -0,3481$
 $\alpha = 0,4603$ $M_y = 0,0000$

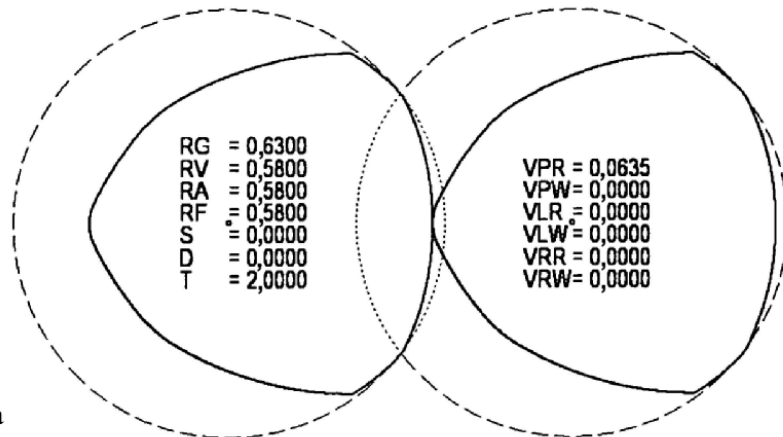


Figura 14a

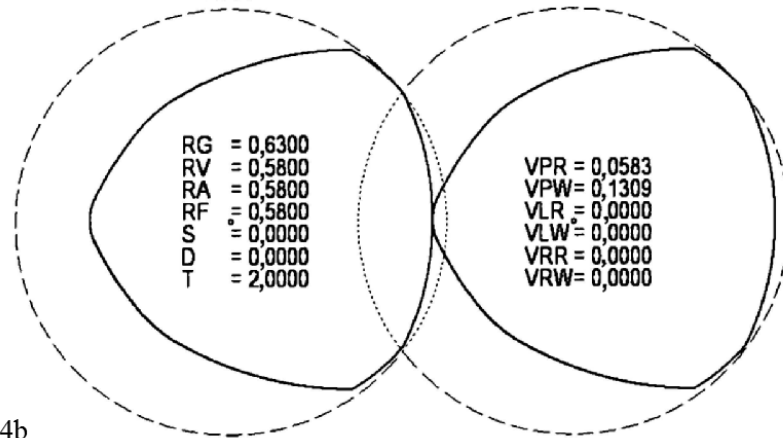


Figura 14b

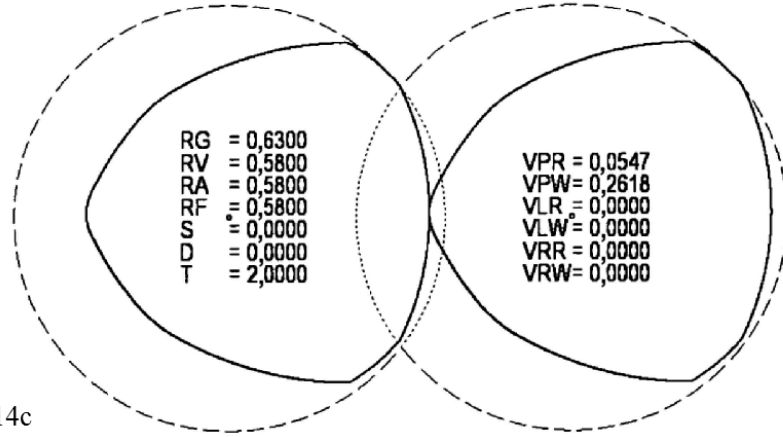


Figura 14c

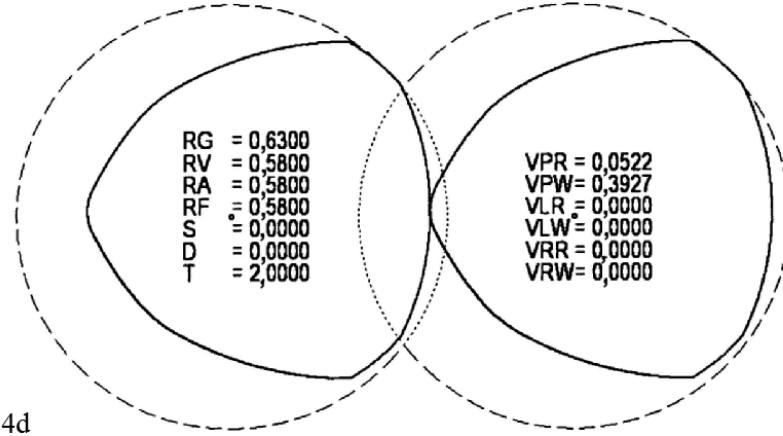


Figura 14d

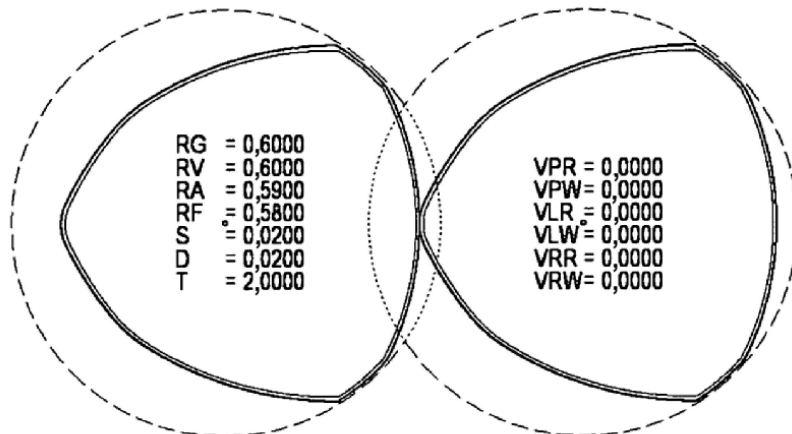


Figura 15a

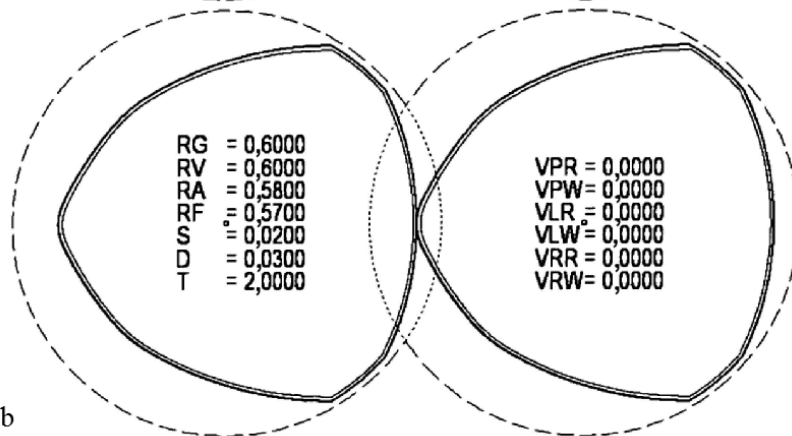


Figura 15b

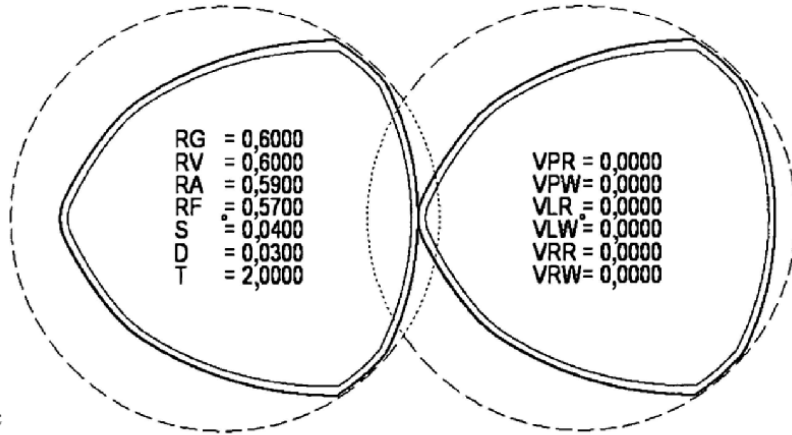


Figura 15c

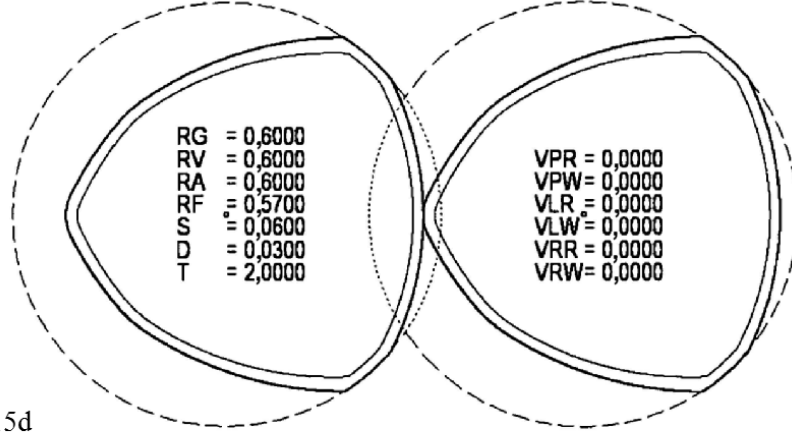


Figura 15d

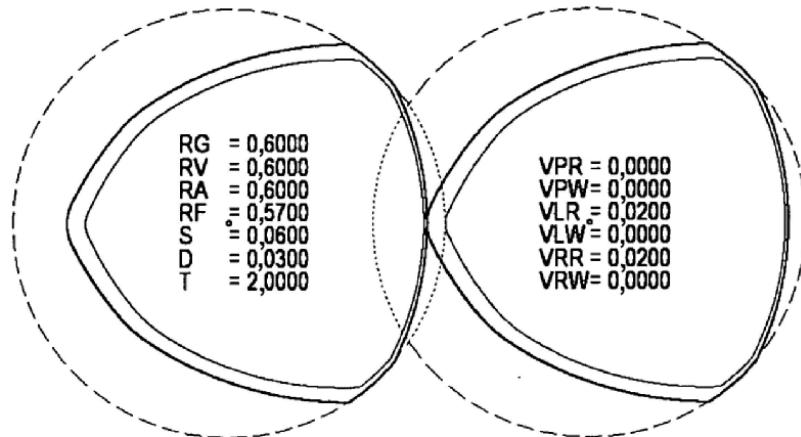


Figura 16a

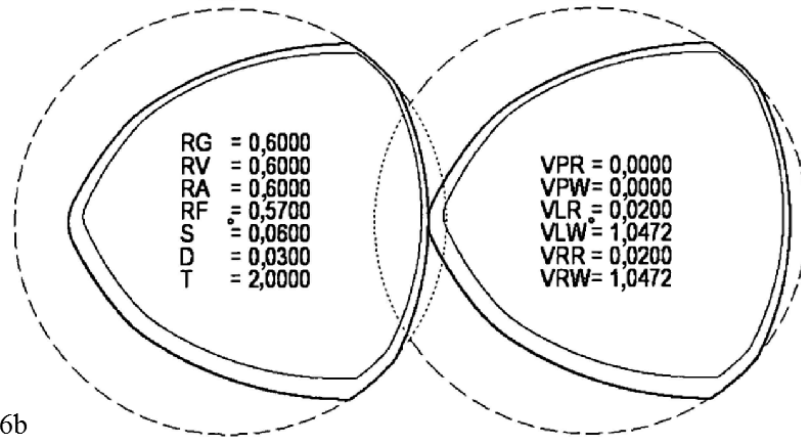


Figura 16b

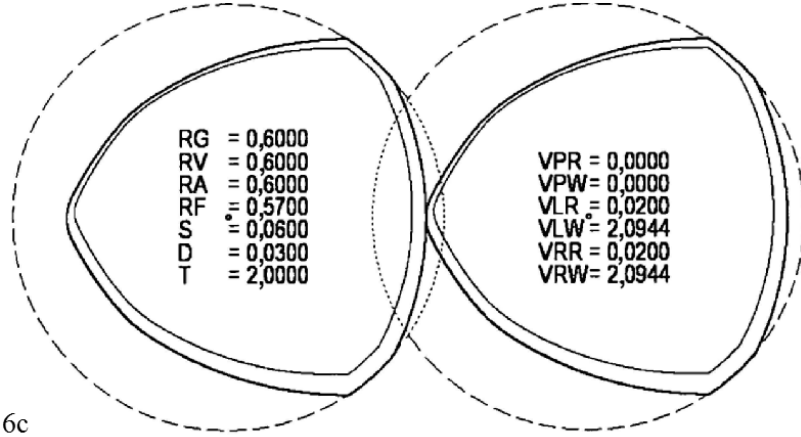


Figura 16c

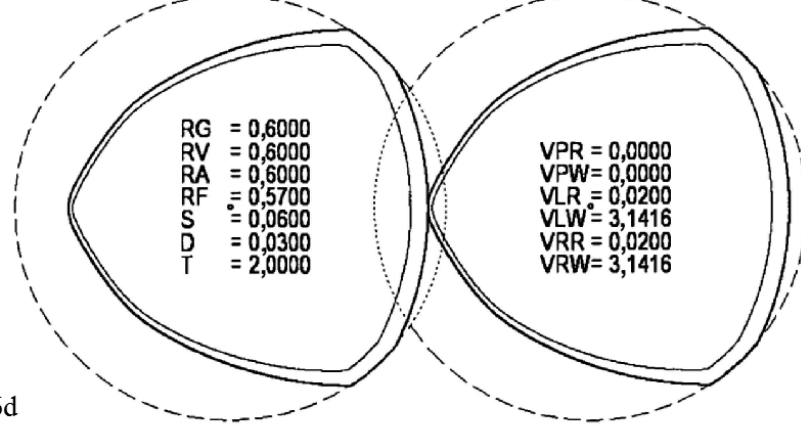


Figura 16d

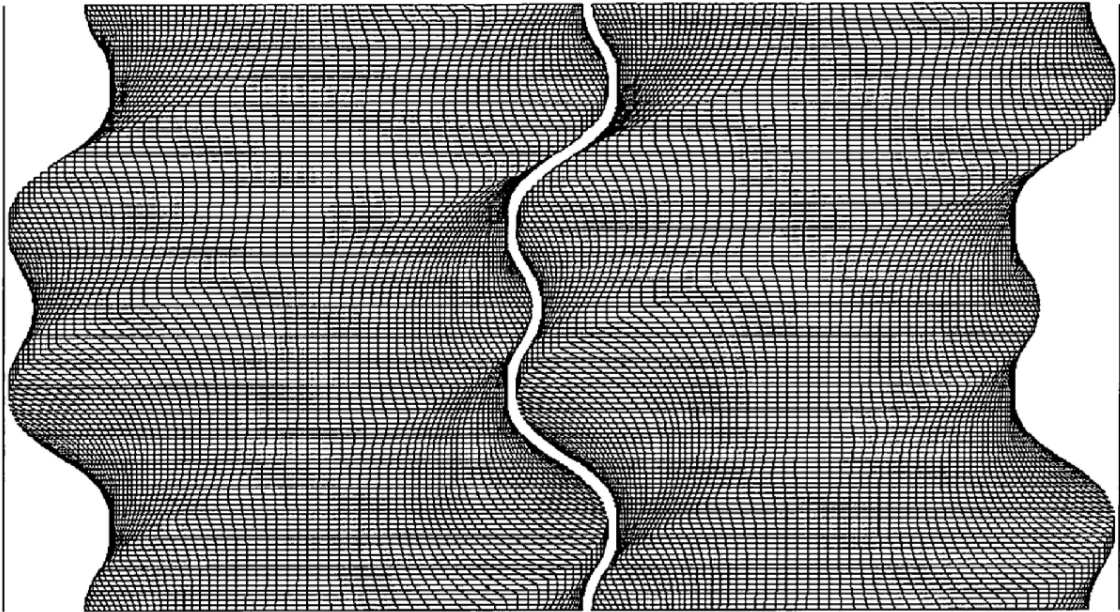


Figura 17a

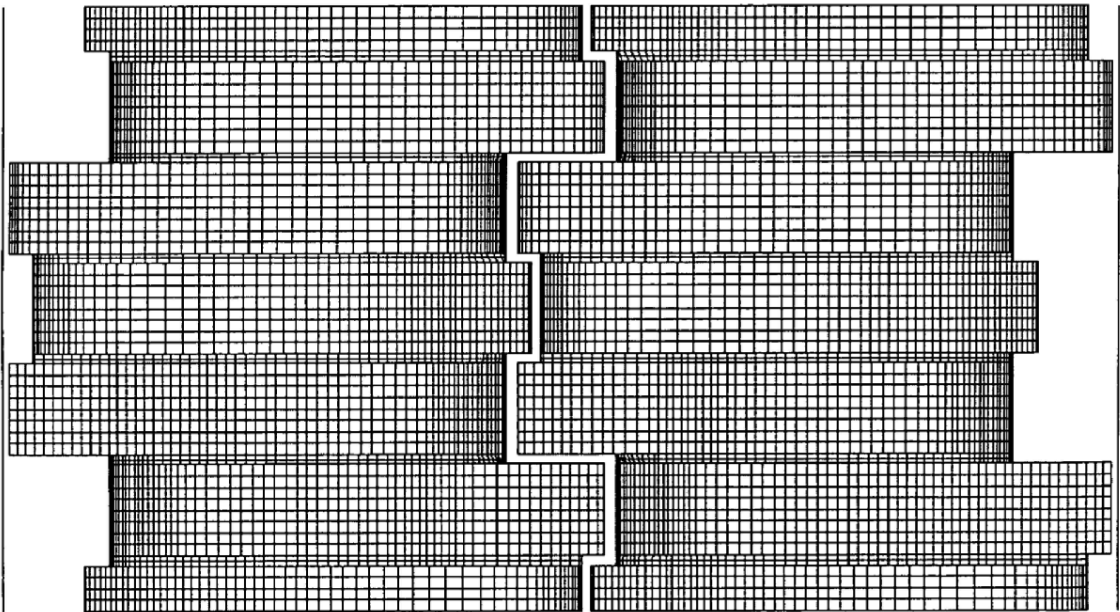


Figura 17b

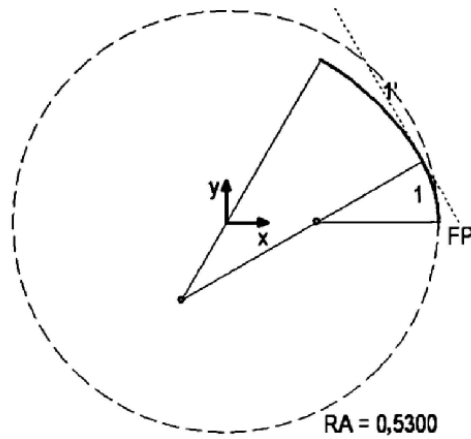


Figura 18a

$$\begin{aligned} 1) \quad R &= 0,3061 \quad Mx = 0,2239 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = 0,0000 \\ 1') \quad R &= 0,6939 \quad Mx = -0,1120 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = -0,1939 \end{aligned}$$

$$RA = 0,5300$$

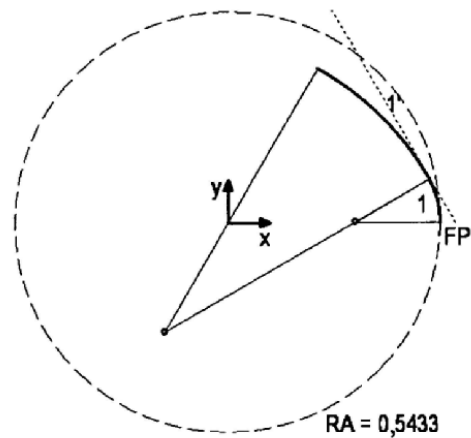


Figura 18b

$$\begin{aligned} 1) \quad R &= 0,2199 \quad Mx = 0,3234 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = 0,0000 \\ 1') \quad R &= 0,7801 \quad Mx = -0,1617 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = -0,2801 \end{aligned}$$

$$RA = 0,5433$$

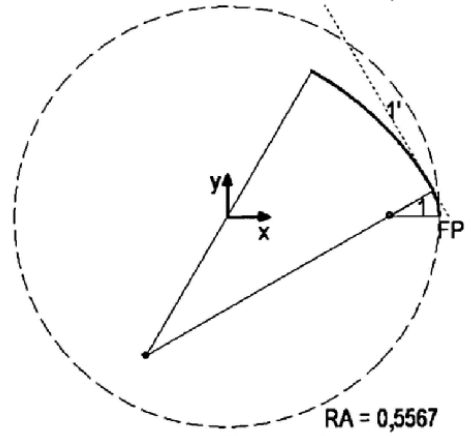


Figura 18c

$$\begin{aligned} 1) \quad R &= 0,1337 \quad Mx = 0,4229 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = 0,0000 \\ 1') \quad R &= 0,8663 \quad Mx = -0,2115 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = -0,3663 \end{aligned}$$

$$RA = 0,5567$$

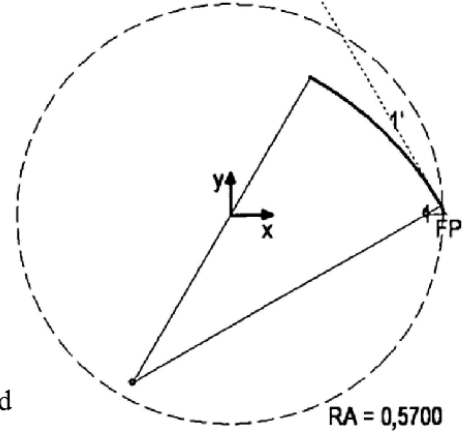
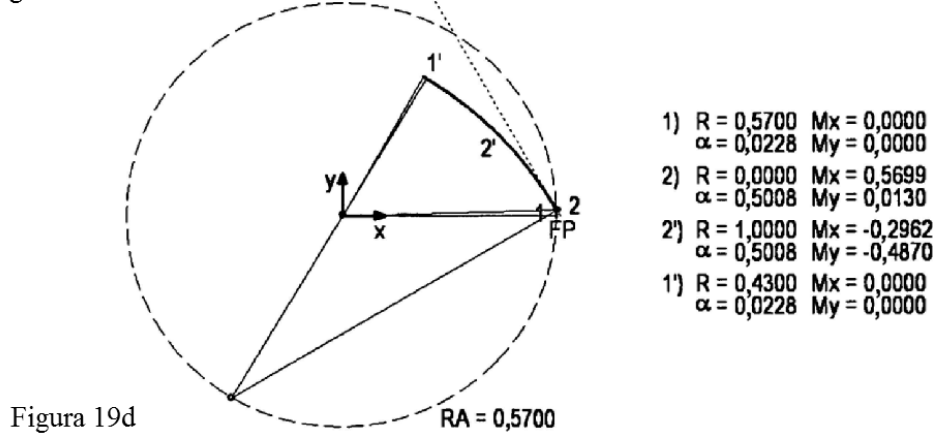
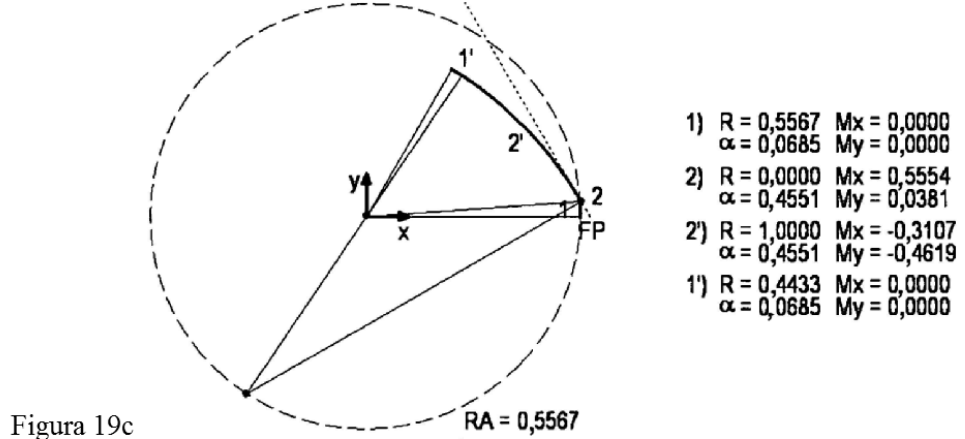
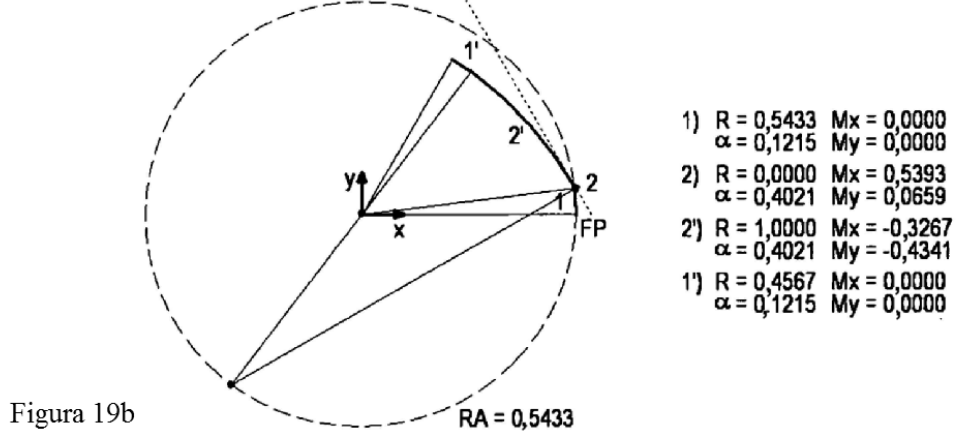
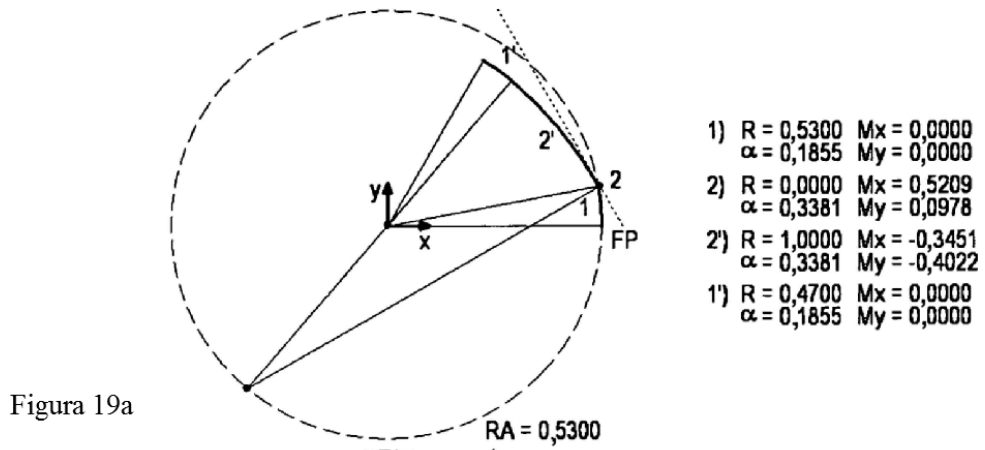


Figura 18d

$$\begin{aligned} 1) \quad R &= 0,0475 \quad Mx = 0,5225 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = 0,0000 \\ 1') \quad R &= 0,9525 \quad Mx = -0,2612 \\ \alpha &= 0,5236 \quad My = -0,4525 \end{aligned}$$

$$RA = 0,5700$$



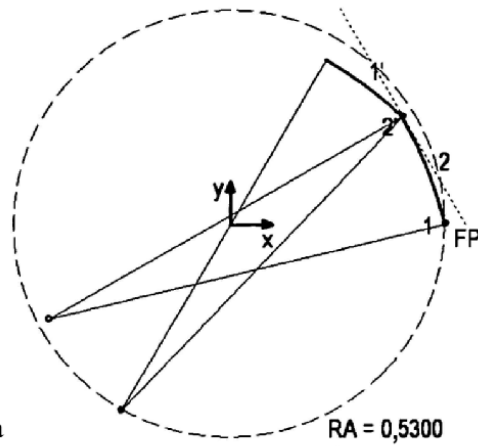


Figura 20a

- 1) $R = 0,0000$ $Mx = 0,5300$
 $\alpha = 0,2362$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 1,0000$ $Mx = -0,4422$
 $\alpha = 0,2874$ $My = -0,2340$
- 2') $R = 0,0000$ $Mx = 0,4238$
 $\alpha = 0,2874$ $My = 0,2660$
- 1') $R = 1,0000$ $Mx = -0,2650$
 $\alpha = 0,2362$ $My = -0,4590$

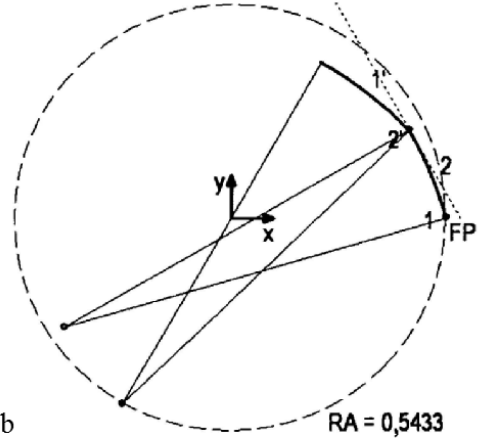


Figura 20b

- 1) $R = 0,0000$ $Mx = 0,5433$
 $\alpha = 0,2803$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 1,0000$ $Mx = -0,4176$
 $\alpha = 0,2433$ $My = -0,2766$
- 2') $R = 0,0000$ $Mx = 0,4484$
 $\alpha = 0,2433$ $My = 0,2234$
- 1') $R = 1,0000$ $Mx = -0,2717$
 $\alpha = 0,2803$ $My = -0,4705$

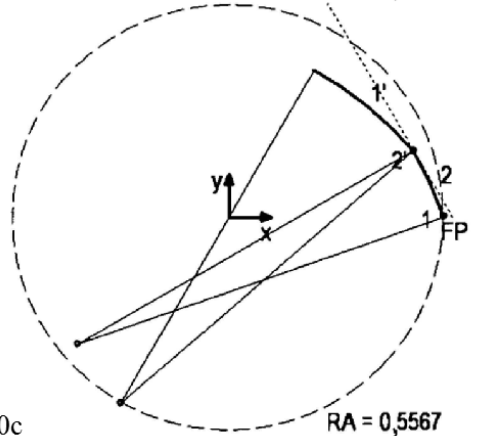


Figura 20c

- 1) $R = 0,0000$ $Mx = 0,5567$
 $\alpha = 0,3340$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 1,0000$ $Mx = -0,3881$
 $\alpha = 0,1896$ $My = -0,3278$
- 2') $R = 0,0000$ $Mx = 0,4779$
 $\alpha = 0,1896$ $My = 0,1722$
- 1') $R = 1,0000$ $Mx = -0,2783$
 $\alpha = 0,3340$ $My = -0,4821$

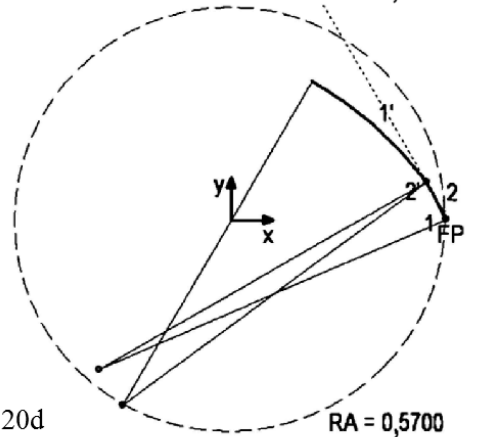


Figura 20d

- 1) $R = 0,0000$ $Mx = 0,5700$
 $\alpha = 0,4107$ $My = 0,0000$
- 2) $R = 1,0000$ $Mx = -0,3468$
 $\alpha = 0,1129$ $My = -0,3992$
- 2') $R = 0,0000$ $Mx = 0,5192$
 $\alpha = 0,1129$ $My = 0,1007$
- 1') $R = 1,0000$ $Mx = -0,2850$
 $\alpha = 0,4107$ $My = -0,4936$

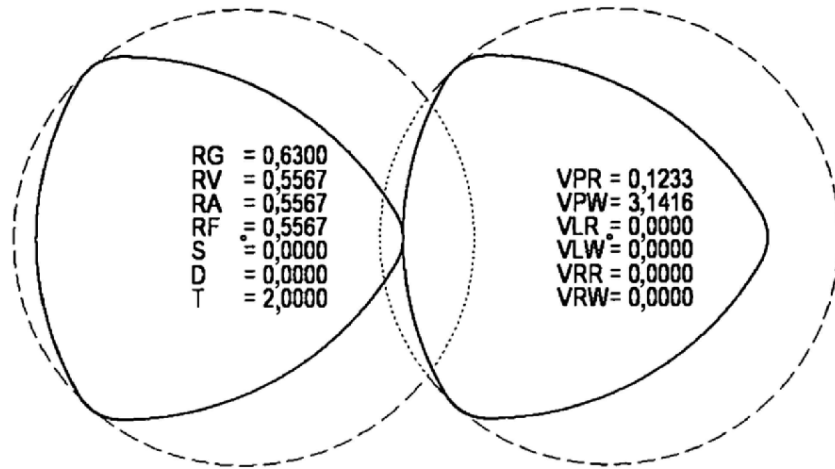


Figura 21a

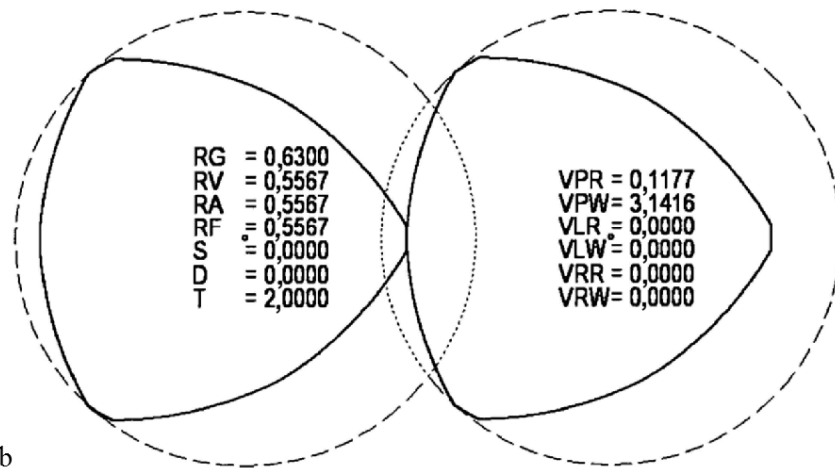


Figura 21b

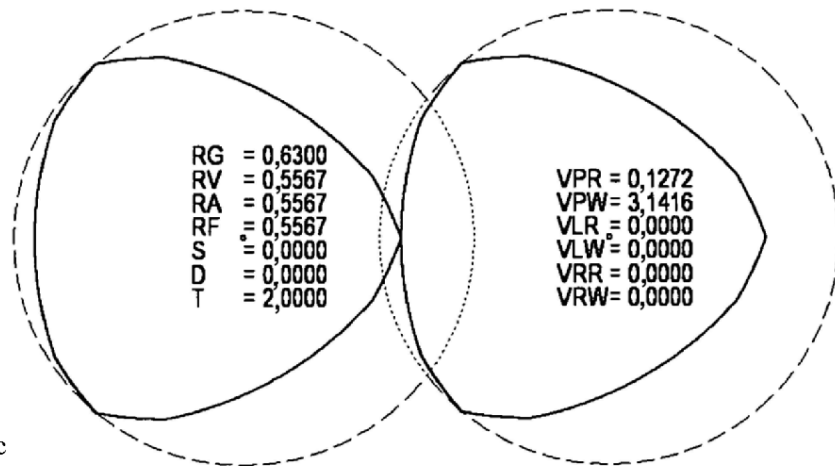


Figura 21c

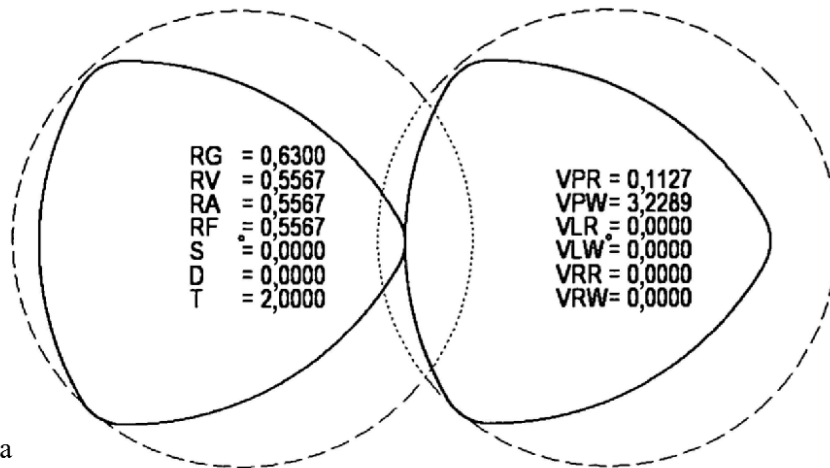


Figura 22a

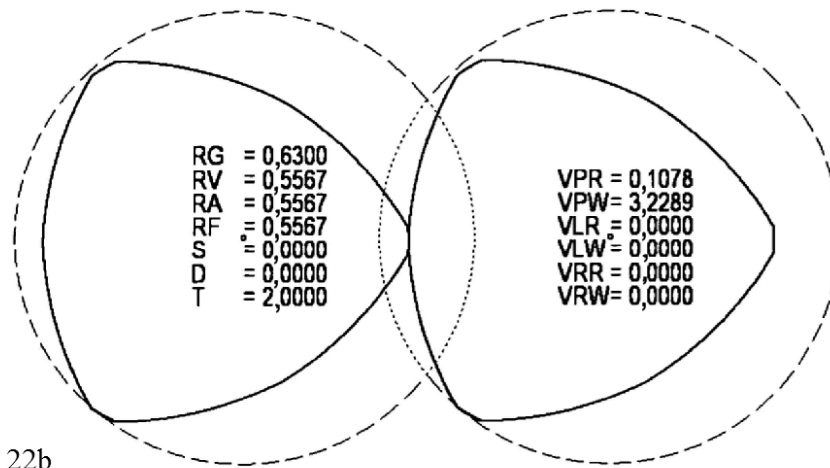


Figura 22b

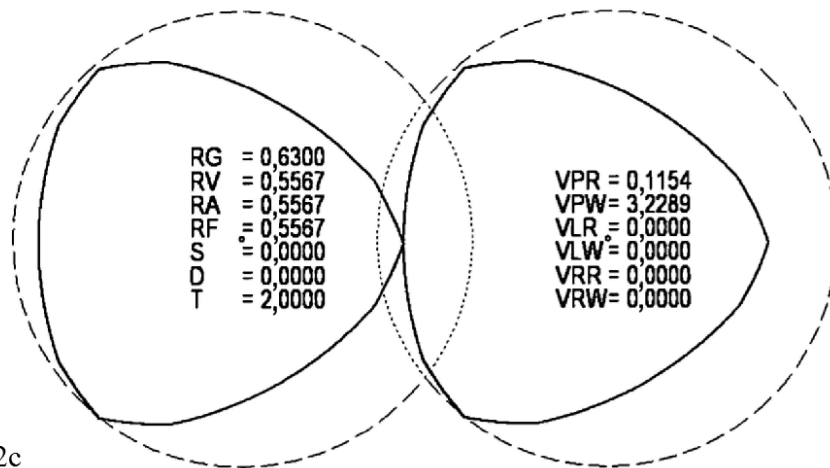


Figura 22c

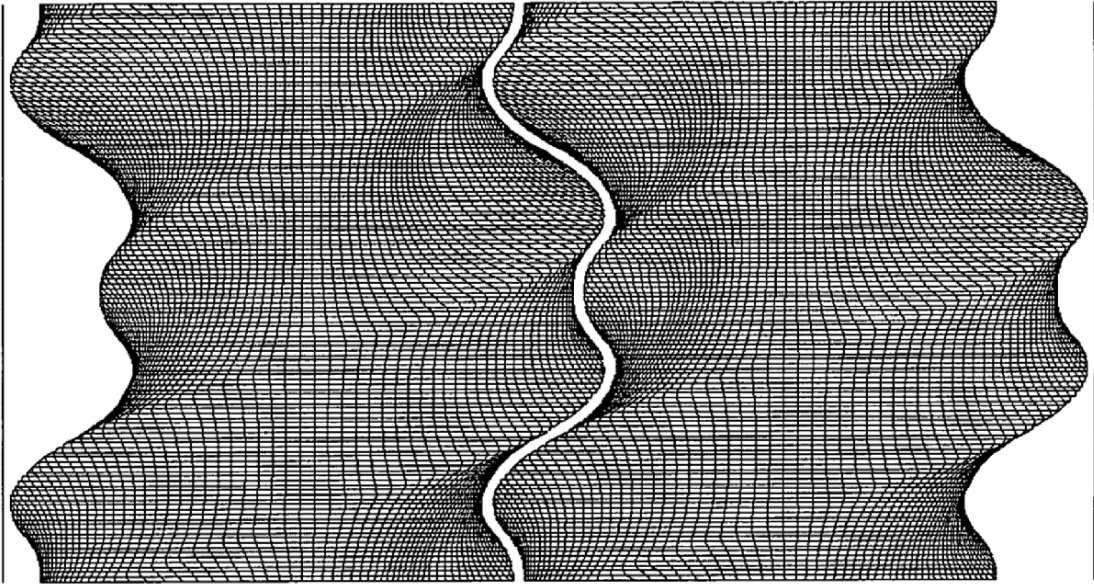


Figura 23a

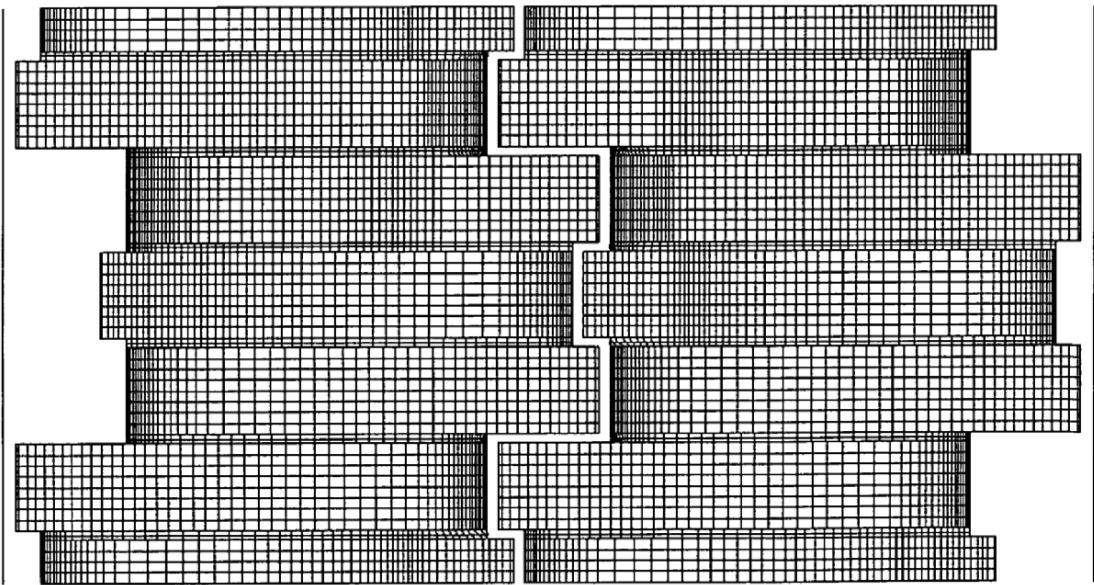


Figura 23b

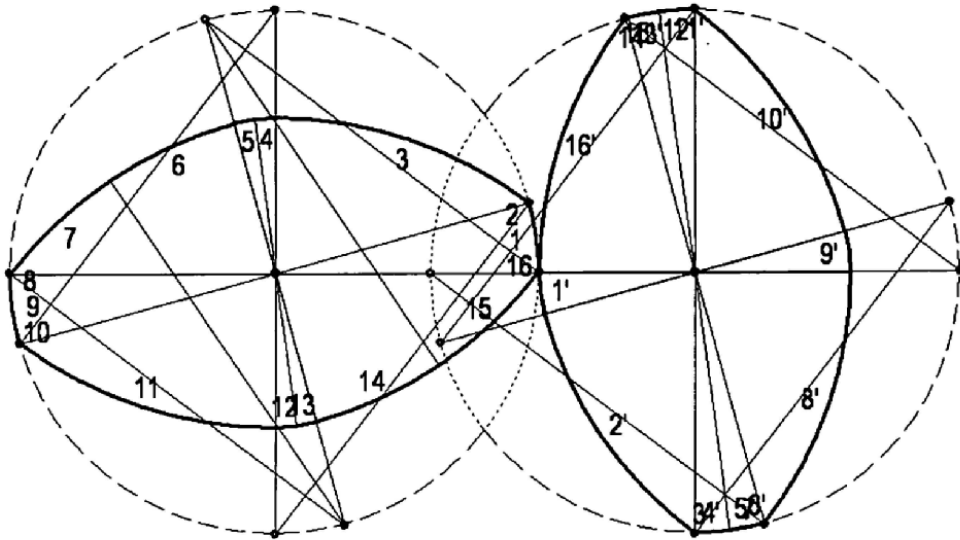


Figura 24a

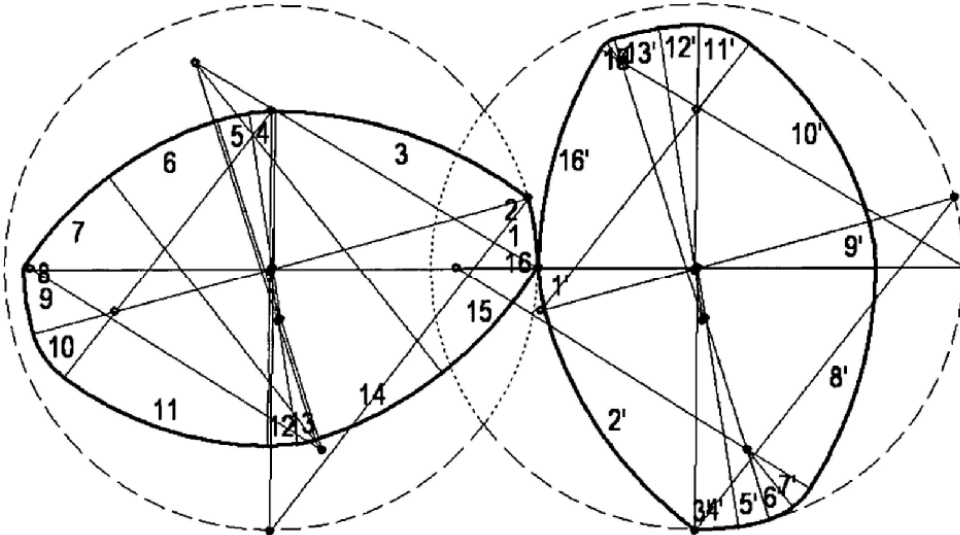


Figura 24b

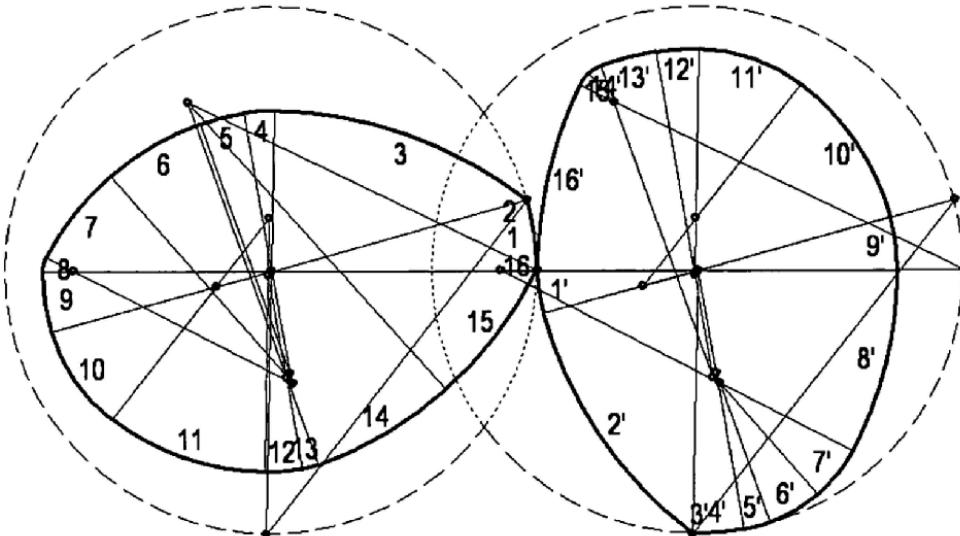


Figura 24c

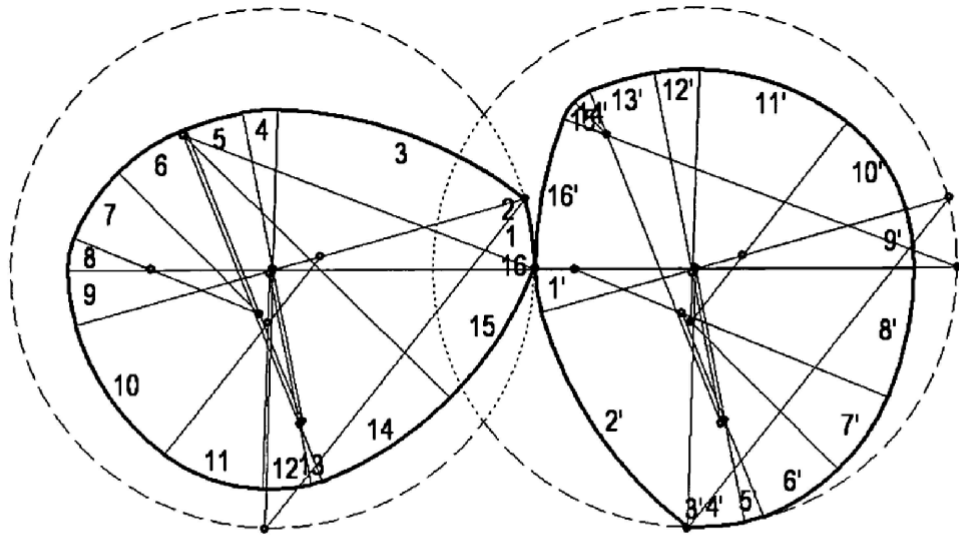


Figura 24d

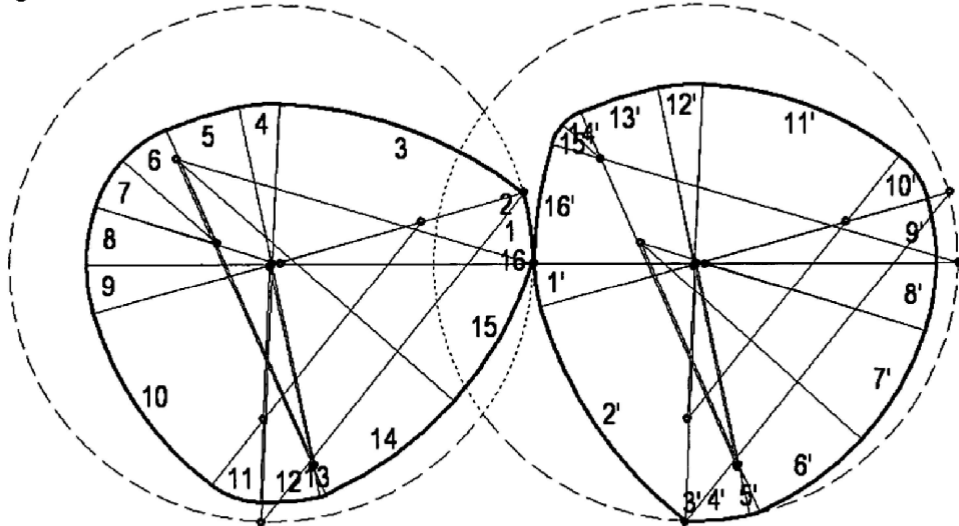


Figura 24e

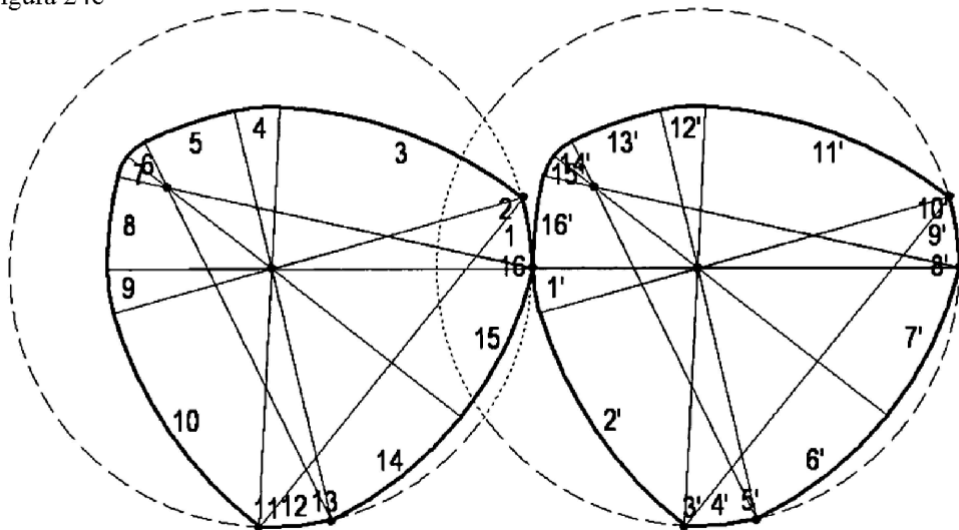


Figura 24f

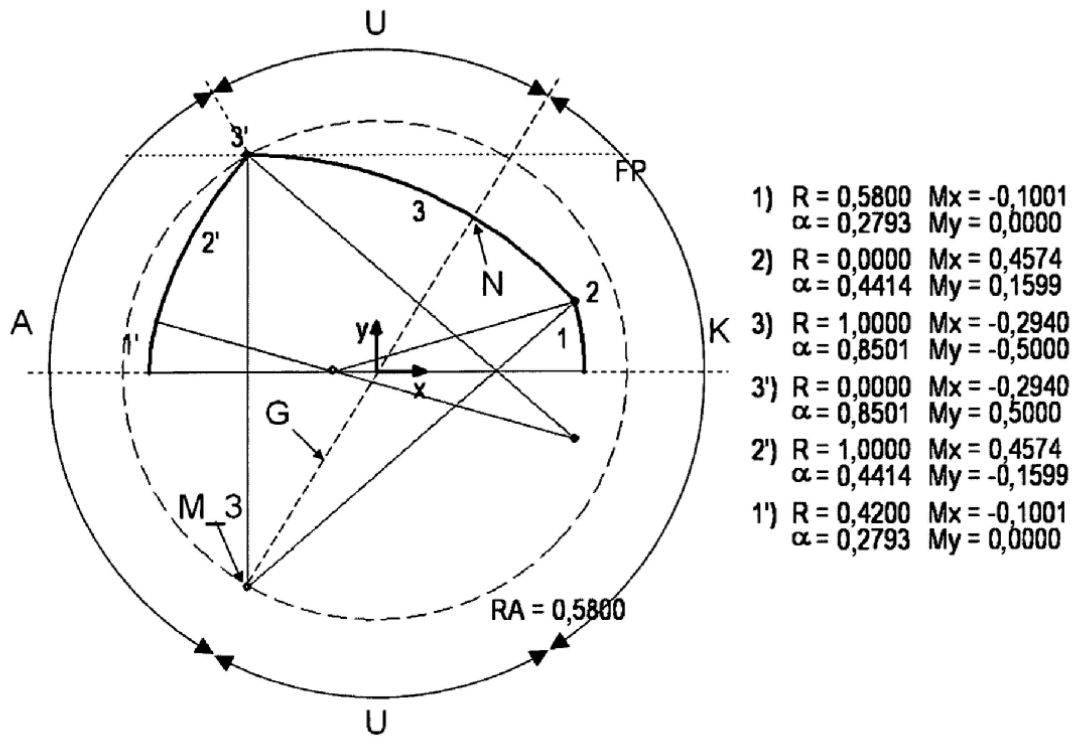


Figura 25

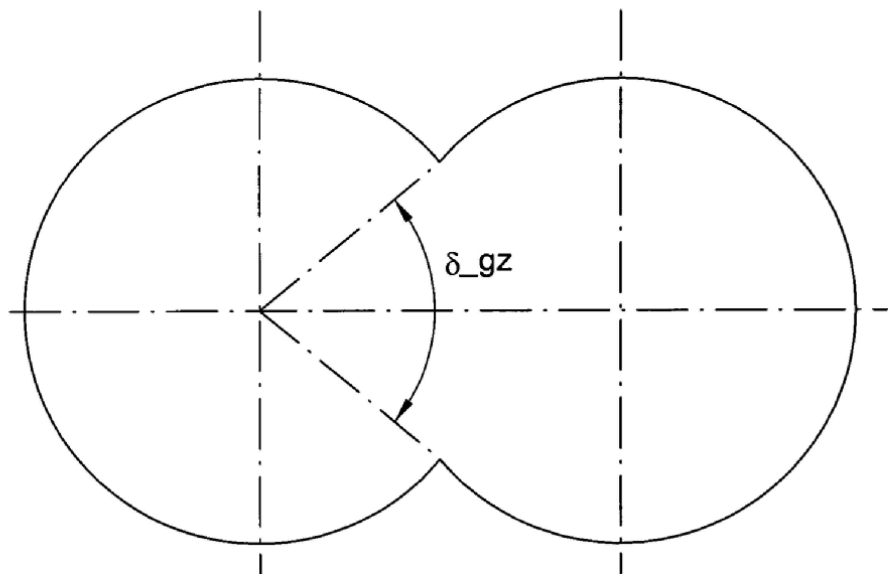


Figura 26

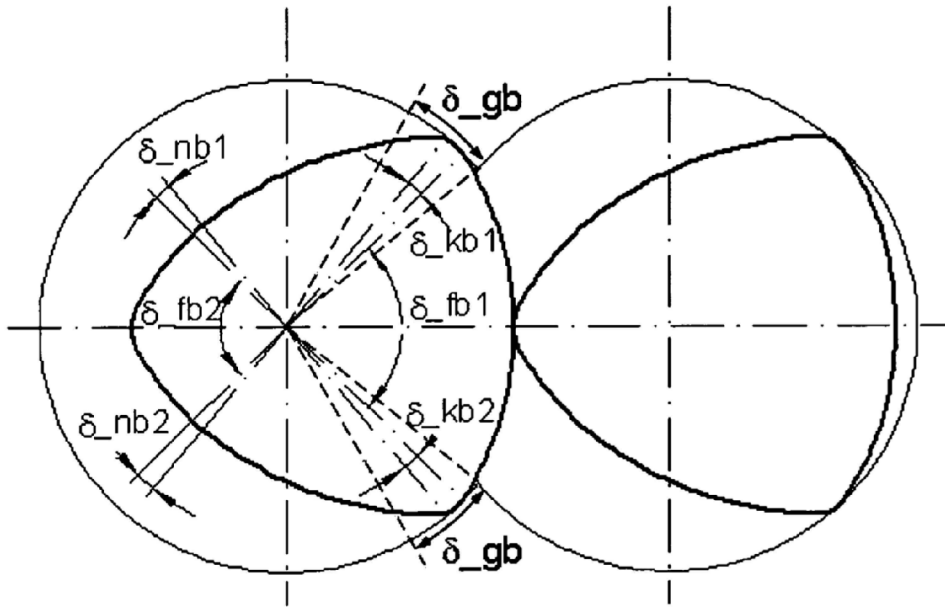


Figura 27