



1947

178476

178476

MEMORIA DESCRIPTIVA

Correspondiente a la solicitud de registro de una patente de invención que, por veinte años, se solicita para España y sus Colonias, con prioridad de la patente italiana número 5993/1946, de 8 de Julio de 1.946, a favor de Don Alessandro ROANO, de nacionalidad italiana, Ingeniero, residente en Génova (Italia), Vía XX Settembre, 31/9, -----

P O R

* RUEDAS DE ENGRANAJE MONO O BIHELICOIDALES, REVERSIBLES E IRREVERSIBLES, QUE EN LOS DOS CASOS ENGRANAN ENTRE EJES PARALELOS *.

2 -
17 8 4 7 6



Las ruedas reversibles, de las que se pide la patente, presentan las características siguientes:

5 1.^a— Los diámetros de las ruedas mandadas son sensiblemente reducidos en proporción a los que deberían ser en relación a las proporciones de velocidad, de modo que, entre estas proporciones de velocidad y los diámetros correspondientes, no hay, en una gama bastante grande, líneas limitativas.

10 Esto tiene por objeto, sobre todo, realizar grandes proporciones de velocidad con dos ruedas solamente y reducir, en consecuencia, los estorbos, el peso y el coste de todo el conjunto, en relación con los engranajes conocidos hasta ahora.

15 2.^a— El contacto entre los dientes se extiende sobre casi toda la superficie comprendida entre los arcos -abo- y -cda- de la Fig. 1.^a.

20 Evidentemente, la realización de una gran superficie de contacto, tal como la descrita en el párrafo 2.^a, tiene por objeto reducir la presión unitaria a valores muy bajos y obtener, en consecuencia, un alto rendimiento, pese el deslizamiento existente entre los dientes a causa de la reducción de los diámetros de las ruedas mandadas, tal como se describe en el párrafo 1.^a.

25 Deberá hacerse notar, entre tanto, que la reducción de la presión unitaria es muy notable, sea en relación a los engranajes ya conocidos, sea en relación a los engranajes patentados en Italia por el solicitante el 5 de Junio de 1.929, el 7 de Julio de 1.930 y el 18 de Diciembre de 1.930 y en Inglaterra, en Alemania, en Estados Unidos de América y en catorce naciones más, durante los años 1.929 a 1.932. En efecto, en estas patentes se dice que el contacto entre los dientes se limita solamente a los bordes de la cabeza de los dientes de la rueda y a los bordes de la cabeza de los dientes del piñón y a otras líneas, pero siempre a líneas, jamás a superficies, y en consecuencia las aplicaciones prácticas hechas con las ideas de dichas patentes no han tenido nunca buen éxito, fus-

30



trando así completamente todo el contenido del párrafo 1º, que está también comprendido en las reivindicaciones de dichas patentes.

Es verdad que en la reivindicación 7ª de la patente obtenida el 18 de Diciembre de 1.930, se enfrenta el caso de redondear, facer o embotar solamente las aristas de las cabezas de los dientes - para tratar de transformar dichas líneas y bordes en superficies, pero es claro que una reivindicación tal es insuficiente y está - falta de indicación definida.

Por estas razones no se ha tenido jamás buenos resultados -- prácticos y no se ha podido nunca proceder a aplicaciones prácticas.

Vamos a describir a continuación el procedimiento a seguir pa -- ra obtener el engranaje entre los dientes de una pareja de engrana -- jes reversibles, según los párrafos citados.

Si se escoge arbitrariamente el diámetro primitivo de un pi -- ñón de 32 mm. y se quiere realizar una relación de velocidad de -- 1 a 8, según la teoría conocida, la rueda conducida deberá tener el diámetro primitivo de $32 \times 8 = 256$. Nosotros reducimos, por el con -- trario, este diámetro como sigue y establecemos los datos siguien -- test

Piñón.- Diámetro interior 136; diámetro primitivo 32; diáme -- tro exterior 38; número de dientes bihelicoidales 3; paso axial del engranaje $19^{\circ}05$; paso axial de las hélices $19^{\circ}05 \times 3 = 57^{\circ}15$.

Rueda.- Diámetro interior 136; diámetro primitivo 144; diáme -- tro exterior 150; número de los dientes bihelicoidales 24; paso -- axial del engranaje $19^{\circ}05$; paso axial de las hélices $19^{\circ}05 \times 24 = 457^{\circ}20$ (véase Fig. 1ª).

Por tanto la inclinación de las hélices del piñón en relación a la circunferencia exterior y en plano normal al eje está dado por:

$$\text{Ang}^{\circ} \text{eg.} = \frac{57^{\circ}15}{38 \times 3^{\circ}1416} = 0^{\circ}47872 = 25^{\circ}34^{\circ}52''$$

Y la inclinación de las hélices de la rueda en relación tam -- bién a la circunferencia exterior y a un plano normal al eje, es:



178478

$$\text{Ang. tg. } \frac{57^{\circ}20'}{150 \times 3'1416} = 0'97020 = 44^{\circ}8'$$

65

Siendo el paso axial de los engranajes $19'05$, el paso normal de la rueda es $19'05 \cos 44^{\circ}8' = 13'67$.

70

Habiendo determinado los elementos anteriores, se puede diseñar la Fig. 2^a, que representa la vista en planta parcial de dos dientes consecutivos de la rueda, donde las líneas -yy- y -xx- son respectivamente los ejes de las hélices del piñón y de la rueda, mientras que la distancia entre las líneas de en medio de dos dientes corresponden al paso normal precedente establecido, a saber - $13'67$.

75

El espesor de las cabezas de los dientes se fijará después. Además la proyección del punto -a- Fig. 1^a, hasta la línea de construcción -NN-, Fig. 2^a, determina los puntos -B, N, S, D, H-.

80

Evidentemente, si los ejes de las hélices tuvieran la misma inclinación, los puntos -D- y -H- habrían coincidido y los perfiles de los dientes habrían podido ser determinados siguiendo las reglas conocidas; pero dada la notable diferencia de inclinación de dichos ejes y, por otra parte, que se quiere el contacto entre los dientes también en el punto -a- Fig. 1^a, en el espacio comprendido entre los puntos -n- y -D- Fig. 2^a se contendrá la mitad del espesor de las cabezas de los dientes de los dos elementos.

85

Después de lo cual encontraremos el espacio comprendido entre los puntos -n- y -D- del modo siguiente:

El eje de una hélice del piñón que toma origen en -d- en la Fig. 1^a y en -o'- en la Fig. 2^a al recorrer el arco -d-a- avanza axialmente la línea -BD-; se tiene sin embargo: (véase Fig. 1^a):

90

$$\text{Ang. } \cos 60^{\circ} = \frac{88^2 + 19^2 - 75^2}{2 \times 88 \times 19} = 0'74162 = 42^{\circ}7'49''$$

Si una hélice del piñón avanza axialmente, durante una vuelta completa, $57'15$, en $42^{\circ}7'49''$ avanza:

$$\frac{57'15 \times 42^{\circ}7'49''}{360^{\circ}} = 6'68 = \text{línea BD.}$$



95

Análogamente el eje de una hélice de la rueda que se origina en -b- en la Fig. 1ª, o bien en -o*- en la Fig. 2ª, al recorrer el arco -b-a- avanza axialmente por la línea HH.

Duegot

$$\text{Ang. cos } \alpha^{\circ} = \frac{75^2 + 88^2 - 19^2}{2 \times 75 \times 88} = 0.98545 = 9247.8^{\circ}$$

100

Si una hélice de la rueda, durante una vuelta completa, avanza axialmente 457.20, en 9247.8° avanza:

$$\frac{457.20 \times 9247.8^{\circ}}{360^{\circ}} = 12.42 = \text{línea HH.}$$

Pero (véase Fig. 2ª)

$$n H = r o^{\circ} = \frac{19.05}{2} = 9.52$$

Resultat

105

$$Bn = HH - n H = 12.42 - 9.52 = 2.90$$

y

$$n D = BD - B n = 6.68 - 2.90 = 3.78$$

110

De donde el espesor de las cabezas de los dientes del piñón deberá ser más grande que el espesor de las cabezas de los dientes de la rueda, dado que las primeras realizan también un trabajo mayor, así:

3.78 + 0.22 = 4 = espesor de las cabezas de los dientes del piñón visto normalmente a una generatriz.

115

3.78 - 0.22 = 3.56 = espesor de las cabezas de los dientes de la rueda, vistas normalmente a una generatriz.

Y el juego de los huecos de la rueda en su circunferencia exterior, vistos también normalmente a una generatriz o siguiendo la flecha F de la Fig. 2ª, resulta 19.05 - 3.56 = 15.49, de donde:

$$o^{\circ} L = \frac{15.49}{2} = 7.74$$

120

Dividamos ahora la altura de los dientes del piñón en cuatro partes espaciadas 1.5 mm (ver Fig. 1ª y 3ª) y, después, tomemos los puntos de intersección -1-, -2- y -3- del arco, tan paralela-

6
17 8 4 7 6 16



125

mente a la línea $o'o''$ hasta interceptar en la Fig. 2ª, las mismas líneas que han sido interceptadas por la línea $-a H D S a B-$. (Para evitar la confusión en las figuras por exceso de líneas, se ha dejado solamente la línea 2, entre dichas paralelas, para la demostración necesaria del problema del que se basta la solución, mientras las otras nos limitamos a describirlas sólo).

130

Al examinar las Figs. 2 y 3 se observa que, si el espesor de las cabezas de los dientes del piñón ha resultado de 4 mm, a la altura 2, el espesor de los dientes resulta el doble de la distancia entre los puntos $-s-$ y $-d-$, Fig. 2ª, distancia que es dada por la proyección del punto 2, Fig. 1ª.

135

Naturalmente, el mismo razonamiento se aplica a las proyecciones de los puntos $-1,3,b-$.

Por tanto debemos obtener las longitudes de las líneas $-SD-$, que pertenecen, cada una, a dichas proyecciones.

Comencemos con la proyección del punto 1:

140

El eje de una hélice del piñón que toma origen en $-d-$ en la Fig. 1ª y en $-o''-$ en la Fig. 2ª, durante el recorrido del arco subtendido al ángulo $-100'$ avanza axialmente a la línea $-BD-$ (véase Fig. 1ª).

Luego:

$$\text{Ang. cos. } 100' = \frac{88^2 + 17 \cdot 50^2 - 75^2}{2 \times 88 \times 17 \cdot 50} = 0 \cdot 78741 = 38^{\circ} 3' 21''$$

145

Si una hélice del piñón, durante una vuelta completa, avanza axialmente $57 \cdot 15$, durante $38^{\circ} 3' 21''$, avanzará:

$$\frac{57 \cdot 15 \times 38^{\circ} 3' 21''}{360^{\circ}} = 6 \cdot 04 = \text{línea } BD$$

150

Análogamente, el eje de una hélice de la rueda, que nace en $-b-$ en la Fig. 1ª y en $-o''-$, también, en la Fig. 2ª, durante el recorrido del arco subtendido del ángulo $-10^{\circ} 0'$, avanza axialmente la línea BE .

De donde:



$$\text{Ang. cos. } 10^{\circ} = \frac{75^2 + 88^2 - 17^2 \cdot 50^2}{2 \times 75 \times 88} = 0.98960 = 8^{\circ}16'11''$$

155 Si una hélice de la rueda, durante una vuelta completa, avanza axialmente $457^{\circ}20'$, en $8^{\circ}16'11''$ avanzará

$$\frac{457^{\circ}20' \times 8^{\circ}16'11''}{360^{\circ}} = 10^{\circ}50' = \text{línea BH}$$

Pero

$$\text{BH} = 0^{\circ} \text{ L} = \frac{15^{\circ}49'}{2} = 7^{\circ}74'$$

resultando:

160 $\text{BS} = \text{BH} - \text{SH} = 10^{\circ}50' - 7^{\circ}74' = 2^{\circ}76'$

y

$$\text{BD} = \text{ED} - \text{BS} = 6^{\circ}04' - 2^{\circ}76' = 3^{\circ}28'$$

$3^{\circ}28' \times 2 = 6^{\circ}56' =$ espesor de los dientes del piñón a la altura 1, vista normalmente a una generatriz.

165 Pasemos a determinar el espesor de los mismos dientes en relación a la altura 2, siguiendo fielmente el procedimiento aplicado para la altura 1:

$$\text{Ang. cos. } 20^{\circ} = \frac{88^2 + 16^2 - 75^2}{2 \times 88 \times 16} = 0.84339 = 32^{\circ}30'$$

$$\frac{57^{\circ}15' \times 32^{\circ}30'}{360^{\circ}} = 5^{\circ}15' = \text{línea ED}$$

170 Después:

$$\text{Ang. cos. } 20^{\circ} = \frac{75^2 + 88^2 - 16^2}{2 \times 75 \times 88} = 0.99340 = 6^{\circ}35'9''$$

$$\frac{457^{\circ}20' \times 6^{\circ}35'9''}{360^{\circ}} = 8^{\circ}36' = \text{línea BH}$$

Pero

$$\text{BH} = 7^{\circ}74'$$

175 resultando:

$$\text{BS} = \text{BH} - \text{SH} = 8^{\circ}36' - 7^{\circ}74' = 0^{\circ}62'$$

y

$$\text{BD} = \text{ED} - \text{BS} = 5^{\circ}15' - 0^{\circ}62' = 4^{\circ}53'$$

$4^{\circ}53' \times 2 = 9^{\circ}06' =$ espesor de los dientes del piñón en la altura 2,



1947

178476

180 vista normalmente a una generatriz.

A la altura J se tiene:

$$\text{Ang. cos. } 30^\circ = \frac{88^2 + 14.50^2 - 75^2}{2 \times 88 \times 14.50} = 0.91114 = 24^\circ 20' 9''$$

$$\frac{57.15 \times 24^\circ 20' 9''}{360^\circ} = 3.86 = \text{línea BD}$$

$$\text{Ang. cos. } 30^\circ = \frac{75^2 + 88^2 - 14.50^2}{2 \times 75 \times 88} = 0.99687 = 4^\circ 32' 4''$$

$$185 \quad \frac{457.20 \pm 4^\circ 32' 4''}{360^\circ} = 5.75 = \text{línea EH}$$

Pero

$$EH = 7.74$$

resultando:

$$BS = EH - BH = 7.44 - 5.75 = 1.99$$

190 y

$$SD = BD + BS = 3.86 + 1.99 = 5.85$$

$5.85 \times 2 = 11.70 =$ espesor de los dientes del piñón en la altura J , vista normalmente a una generatriz.

195 Y, finalmente, a la altura $-b-$ el espesor de los dientes del piñón, visto siempre normalmente a una generatriz, es de

$$0.74 \times 2 = 1.48$$

200 Según las cotas marcadas en la Fig. 3, se observa que esta Figura representa el diseño a su tamaño natural, los dos dientes consecutivos del piñón vistos normalmente a una generatriz; y, del cálculo matemático anterior resulta que con los perfiles de dichos dientes se obtiene el contacto entre el arco $-ab-$ de la rueda y los dientes del piñón.

Naturalmente es lo mismo para el arco $-bc-$.

205 Determinemos ahora las figuras de los espacios y de los dientes de la rueda, recordando que el espesor de la cabeza de los dientes del piñón visto normalmente a una generatriz, es de 4 mm.

Trazamos la Fig. 4 que es una reproducción parcial de la Fig. 1^a; partamos la altura de los dientes de la rueda en cuatro partes



UN. 10A7

210

separadas una de otra 1'50 mm (véase Figs. 4ª y 6ª) y determinemos sobre el arco -ad- los puntos -a, 1, 2, 3, d-.

215

De cada uno de dichos puntos tomamos una paralela a la línea -o o'- hasta interceptar, en la Fig. 5ª, la línea -xx-, que indica la inclinación desconocida del eje ficticio de un hueco de la rueda en el punto de división que se enfrenta; la línea -yy-, que es el eje de un diente del piñón en relación a la circunferencia exterior que, como se sabe, está inclinada 25°34'52"; la línea -AA-, que representa el borde de un diente del mismo piñón; y, en fin, la línea de construcción -NN-, que determina también los puntos -e, h, i, n-. La distancia entre las paralelas -AA- y -A'A'- representa el espesor de la cabeza de los dientes del piñón.

220

Para evitar confundir las figuras por demasiadas líneas de dichas paralelas, se han dejado solamente la primera y la segunda.

225

Para facilitar la comprensión del procedimiento que seguiremos para establecer la figura de los huecos de la rueda, a fin de obtener el contacto sobre todo el arco -ado-, comenzaremos por atribuir a la línea -xx- la inclinación del eje ficticio en relación a la circunferencia exterior de la rueda que es como se sabe, de 44°8'. De este modo se observa pronto, en la Fig. 5ª, de la proyección del punto -a- Fig. 4ª, que la distancia entre los puntos -i- y -e- la longitud de dicha proyección, es exactamente igual a la distancia SH = o'L, correspondiente a la proyección del punto -a- de la Fig. 1ª sobre la Fig. 2ª y que estando dobles, corresponde, como se sabe a la amplitud de los huecos de la rueda, es decir a 15'49, en relación a la circunferencia exterior, y siempre visto normalmente a la generatriz. Lo que antecede está confirmado, como se instruye, por los cálculos matemáticos, que omitimos por la brevedad.

230

235

En el punto 1, Fig. 4ª, la amplitud de los huecos de la rueda serán, pues, el doble de -ie-, que resulta de la proyección del punto 1. Evidentemente, el mismo razonamiento se aplica a los puntos -2, 3, d-.

240



Comencemos, pues, por deducir la longitud de la línea ~~ie~~ que pertenece a la proyección del punto 1.

$$\text{Ang. cos. } 100^\circ = \frac{88^2 + 19^2 - 73.50^2}{2 \times 88 \times 19} = 0.80823 = 36^\circ 4.35''$$

$$\frac{57.15 \times 36^\circ 4.35''}{360^\circ} = 5.72 = \text{línea nh}$$

245

$$\text{Ang. cos. } 10^\circ = \frac{73.50^2 + 88^2 - 19^2}{2 \times 73.50 \times 88} = 0.98834 = 8^\circ 45.27''$$

$$\frac{457.20 \times 8^\circ 45.27''}{360^\circ} = 11.12 = \text{línea ne}$$

Pero

$$he = ne - nh = 11.12 - 5.72 = 5.40$$

$$hi = 0'' \quad R = \frac{4}{2} = 2$$

250

resultando:

$$ie = hi + he = 2 + 5.40 = 7.40$$

$7.40 \times 2 = 14.80 =$ amplitud de los huecos de la rueda en la profundidad correspondiente al punto 1, visto normalmente a una generatriz.

255

En el punto 2 tenemos:

$$\text{Ang. cos. } 200^\circ = \frac{88^2 + 19^2 - 72^2}{2 \times 88 \times 19} = 0.87350 = 29^\circ 7.57''$$

$$\frac{57.15 \times 29^\circ 7.57''}{360^\circ} = 4.62 = \text{línea nh}$$

$$\text{Ang. cos. } 20^\circ = \frac{72^2 + 88^2 - 19^2}{2 \times 72 \times 88} = 0.99171 = 7^\circ 22.53''$$

$$\frac{457.20 \times 7^\circ 22.53''}{360^\circ} = 9.37 = \text{línea ne}$$

260

Pero

$$he = ne - nh = 9.37 - 4.62 = 4.75$$

$$hi = 0'' \quad R = 2$$

resultando:

$$ie = hi + he = 2 + 4.75 = 6.75$$

265

$6.75 \times 2 = 13.50 =$ amplitud de los huecos de la rueda en la profun

178476 16 JU



didad del punto 2, visto normalmente a una generatriz.

En el punto 3, se tiene:

$$\text{Ang. cos. } 300' = \frac{88^2 + 19^2 - 70 \cdot 50^2}{2 \times 88 \times 19} = 0.93742 = 20^{\circ}22'38''$$

$$\frac{57'15'' \times 20^{\circ}22'38''}{360^{\circ}} = 3.23 = \text{l\u00ednea mh}$$

270

$$\text{Ang. cos. } 30'0'' = \frac{70 \cdot 50^2 + 88^2 - 19^2}{2 \times 70 \cdot 50 \times 88} = 0.99558 = 5^{\circ}23'19''$$

$$\frac{457'20'' \times 5^{\circ}23'19''}{360^{\circ}} = 6.84 = \text{l\u00ednea ne}$$

Pero

$$h_e = n_e - n_h = 6.84 - 3.23 = 3.61$$

$$h_i = 0'' \quad R = 2$$

275

resultando:

$$i_e = h_i + h_e = 2 + 3.61 = 5.61$$

5.61 x 2 = 10.22 = amplitud de los huecos de la rueda en la profundidad correspondiente al punto 3, visto normalmente a una generatriz.

280

Y finalmente en el punto -d- la amplitud de los huecos de la rueda, siempre vista normalmente a una generatriz, resulta evidentemente de 0'' R x 2 = 2 x 2 = 4.

285

De donde resulta que los dientes de la rueda, Fig. 6^a, est\u00e1n dise\u00f1ados teniendo en cuenta las cotas en anchura de los huecos correspondientes, anteriormente establecidos, y por estos dientes se llega a obtener el contacto entre dichos dientes y el arco -ad-, - Fig. 1^a, del pi\u00f1\u00f3n. Siendo igual, sim\u00e9tricamente, para el arco -do-.

290

Ahora precisa resaltar que los perfiles de los dientes del pi\u00f1\u00f3n, Fig. 3^a, tanto como los perfiles de los dientes de la rueda, Fig. 6^a, resultan c\u00f3ncavos. Y es justamente esta concavidad la que limita el contacto s\u00f3lamente entre los arcos -abc- y -cda-. Y justamente el objeto del invento es, entre otros, que este contacto se extienda tambi\u00e9n, en un porcentaje muy elevado, a la superficie comprendida entre dichos arcos, reduciendo enormemente la presi\u00f3n unitaria.

178476



295

Para llegar a ello se sigue este procedimiento: Se halla el radio del arco que une los tres puntos de intersección del perfil del hueco de la rueda, Fig. 6a, en las líneas 1, 2 y 3. Con ayuda de este radio, se modifica el perfil de los dientes del piñón, Fig. 3a, a partir del espesor 9'06, aproximadamente, hasta la cabeza, - pero de modo que el espesor de ésta última sea el máximo posible, sin aumentar, por otra parte, los espesores que están por debajo de la cabeza hasta la cota 9'06. De este modo, como se vé fácilmente, los dientes del piñón estarán constantemente en contacto con casi toda la superficie comprendida en la parte de corona circular definida por los radios -ca- y -c2- Fig. 1a, además del contacto que queda sobre la línea del arco -2,b,c-. Una vez realizadas las modificaciones, el perfil resultará como se vé en la Fig. 7a.

300

305

310

Después se determina el radio del arco que pasa por los tres puntos de intersección del perfil del hueco del piñón, Fig. 3a, en las líneas 1, 2 y 3. Por el mismo radio se modifica el perfil de los dientes de la rueda, Fig. 6a, siguiendo exactamente lo que se ha hecho para los dientes del piñón, a partir de la cota 5'55 aproximadamente; y como resultado se tiene que el perfil se hace como se indica en la Fig. 8a. Evidentemente, aún aquí, el contacto se extiende a casi toda la parte de corona circular definida por los radios -c'a- -c' 2-, Fig. 4a, además del contacto que queda sobre la línea del arco -2,d,c-. En fin se completarán las Figs. 7a y 8a adelgazando las aristas hasta una altura conveniente a fin de aumentar la superficie de contacto.

315

320

Naturalmente, se instuye que a causa de las modificaciones hechas, según las Figuras 7a y 8a, los centros de los dos engranajes deben aproximarse algunas décimas de milímetro y por ésto los huecos son profundizados a 1 mm, cuando la mitad habría bastado.

325

Afirmamos que por dicha amplificación de la superficie de contacto realizada después de años de experiencia práctica, hemos logrado construir reductores que han demostrado ser muy útiles para



Las industrias, satisfaciendo completamente lo que se dice en los párrafos 1) y 2), enunciado al principio de la presente descripción.

330 Partiendo de que, como se sabe, los dientes están vistos normalmente a una generatriz, cuando para el trabajo es necesario verlos normalmente a las hélices respectivas, añadimos, sólo a título complementario, (teniendo en cuenta que se ha adquirido teórica y prácticamente), que para obtener dichas vistas normales a las hélices, basta multiplicar las cotas de las figuras 7ª y 8ª por los cosenos de los ángulos formados por las hélices correspondientes y reemplazar los valores así obtenidos.

335 Un ejemplo numérico del modo de proceder se muestra en la Fig. 2ª, donde a partir de la cota 19'05, normal a una generatriz, se ha obtenido la cota 13'67, normal a las hélices.

340 DESCRIPCION DE UNA PAREJA DE ENGRANAJES, NO REVERSIBLES, QUE ENGRANAN ENTRE DOS EJES PARALELOS.

Las ruedas no reversibles, según el enunciado, poseen las siguientes características:

1) — Generalmente son bihelicoidales, pero también pueden ser simplemente helicoidales.

345 2) — Los diámetros de las ruedas conducidas son notablemente inferiores a lo que debieran ser para la correspondiente relación de velocidad; pero los pasos axiales de los dos engranajes (no las hélices) son iguales de modo que la suma de los ángulos resulta desigual, más o menos, como las ruedas reversibles de que se acaba de tratar.

350 3) — Los perfiles de los dientes deben tener una forma netamente trapezoidal, inclinados, lo más posible, hacia los 45°.

4) — El contacto de los dientes debe hacerse, simultánea y continuamente, sobre toda la línea -nr- de la Fig. 9ª.

355 5) — La misma línea -nr- debe estar inclinada unos 18° en relación con el plano de los ejes.

Un juego de ruedas, no reversibles, ya construidas práctica-

17 8 4 7 6



mente, que satisface completamente todas las exigencias, presenta las características siguientes:

360

Piñón— Diámetro interior 32'60; diámetro primitivo 38, diámetro exterior 41'60, un sólo diente bihelicoidal y paso axial 12'70

365

Rueda— Diámetro interior 218'60, diámetro primitivo 224, diámetro exterior 227'60, número de los dientes bihelicoidales 20, paso axial de los hélices 12'70 x 20 = 254.= Relación de velocidad - 1 : 20, justamente en relación al número de dientes. Distancia entre los centros 131.

De los datos anteriores (véase Fig. 9ª) se observa que la altura de los dientes que intervienen en la transmisión del trabajo es de 3'60 y que tienen un juego de 0'90 en el fondo de los huecos.

370

Por tanto la inclinación de las hélices del piñón, en relación al diámetro interior, aumentado por dicho juego y en relación a un plano normal al eje, está dado por:

$$\text{Ang. tg. } \frac{12'70}{32'60 + 2 \times 0'90} = 0'11751 = 6'42'7''$$

375

Y la inclinación de las hélices de la rueda, en relación a la circunferencia exterior y, también, a un plano normal al eje es:

$$\text{Ang. tg. } \frac{254}{227'60 \times 3'1416} = 0'35523 = 19'33'22''$$

Dado que el paso axial de los engranajes es de 12'70, el paso normal de la rueda será de 12'70 cos. 19'33'22" = 11'96.

380

Con los elementos citados se puede diseñar la Fig. 10ª, que representa la vista parcial en planta de dos dientes consecutivos de la rueda, en que las líneas -yy- y -xx- son respectivamente los ejes de las hélices del piñón y de la rueda, mientras que la distancia entre las medias de los dos dientes, corresponde al paso normal que se ha obtenido antes, es decir 11'96.

385

Deduzcamos ahora el espesor de las cabezas de los dientes como sigue:

Se traza dos dientes consecutivos de la rueda, Fig. 11ª, vis



tos en elevación y normalmente a las hélices, teniendo en cuenta que sabemos que el paso normal es de $11'96$; puesto que se debe satisfacer la condición 3), hace falta que el ángulo α sea igual a 45° .

Entonces el espesor de las cabezas de los dientes de la rueda, y el de las cabezas de los dientes del piñón que, como se sabe, penetran en los huecos hasta la profundidad de $3'60$, resultará:

$$395 \quad 11'96 - \frac{(3'60 \times \text{tg}.45^\circ \times 2)}{2} = \frac{11'96 - 7'20}{2} = 2'38$$

Pero teniendo en cuenta que, como es claro, el espesor de las cabezas de los dientes del piñón debe ser mayor que el de las de los dientes de la rueda, reducimos este espesor a $2'16$ mm. En consecuencia la amplitud de los huecos de la rueda en la circunferencia exterior, y vista normalmente a las hélices, es de:

$$11'96 - 2'16 = 9'80$$

Y la amplitud de los mismos huecos en la circunferencia exterior, vistos normalmente a una generatriz, será de:

$$\frac{9'80}{\cos. 19^\circ 33' 22''} = 10'39$$

De donde

$$405 \quad o^{\circ} L = \frac{10'39}{2} = 5'19 \text{ (véase Fig. 10*)}$$

410 { Fuera del gráfico resulta que la línea de contacto $\alpha\alpha$, Fig. 1*, es de unos 3 mm de longitud, de modo que en el punto α el espesor de los dientes del piñón está dado por : (véase Fig. 11*) $3 \times \text{tg}.45^\circ \times 2 = 6$. A esta cifra hay que añadir el espesor de las cabezas de los dientes del piñón, correspondiente a $2'38 + (2'38 - 2'16) = 2'60$.

De donde en el punto α el espesor de los dientes del piñón es de $6 + 2'60 = 8'60$.

415 Llevando en la Fig. 10* una línea paralela a la línea $\gamma\gamma$ separada de esta $\frac{8'60}{2}$, esta cruza el borde de la cabeza de los dientes de la rueda en el punto β que, gráficamente, resulta ale

178476 183



420

jado del plano del eje poco menos de 4 mm. A partir de dicho punto -a- se traza una paralela a la línea o", o", o hasta determinar los puntos -a-b-e-i- en la Fig. 10ª y el punto -r- de la Fig. 9ª.)

425

Todos los datos del paréntesis cuadrado son aproximados. Sólo han servido para establecer que el punto -r-, Fig. 1ª, se halla alejado unos 4 mm. del plano de los ejes, como se ha dicho anteriormente; pero esta distancia debe ser determinada con una exactitud matemática, con todos los demás datos. Por esta razón dedujimos antes las alturas y los espesores correspondientes, que deben tener los dientes del piñón para lograr el contacto, a derecha o izquierda del punto -r- a las distancias arbitrarias indicadas, tras lo cual, adelgazando convenientemente el perfil, reduciremos el contacto a un sólo punto.

430

Veámos como:

435

Precisemos primeramente que nuestra búsqueda consiste en reducir matemáticamente la longitud de la línea -ae-; Fig. 10ª, que, como es claro, doblada nos dará el espesor que se debe dar a los dientes del piñón para obtener el contacto en este punto -r- que resulta de la proyección del punto -a- Fig. 9ª.

440

Por consecuencia, levantamos una perpendicular en el punto -r- que se considerará sobre la línea -oo'-, y tenemos la semi-cuerda -ra. Imaginemos, además, que dejamos aún, siempre en la circunferencia exterior de la rueda, un número arbitrario de semi-cuerdas que toman origen en -r-, y distantes del plano de los ejes, de las siguientes longitudes: 4'60, 4'30, 4, 3'70, 3'40, 3'10, 2'80.

En el punto -r-, distante 4'60 del plano de los ejes, se tiene:

445

$$o'r = \sqrt{113'80^2 - 4'60^2} = 113'706$$

$$or = 131 - 113'706 = 17'294$$

$$or = \sqrt{17'294^2 + 4'60^2} = 17'895$$

Restando del radio exterior del piñón el valor de -or-, determinado anteriormente, se obtiene la altura del diente del mismo piñón en el punto -r-, a saber:

17 8 4 7 6



450

$$20^{\circ}80' - 17^{\circ}895' = 2^{\circ}905'$$

Evidentemente el semi-espesor que corresponde a dicho punto $-r-$ para que tenga contacto, corresponde a la longitud de la línea $-ae-$, Fig. 10^a, que deducimos del modo siguiente:

455

La hélice de un diente del piñón que tiene origen en el plano de los ejes $-e-$ con el radio $-or-$ Fig. 9^a, durante el recorrido del arco subtendido del ángulo $-roz-$, avanza axialmente la línea $-he-$ Fig. 10^a.

460

Análogamente, la hélice ficticia de un bueco de la rueda que se origina, también, en el plano de los ejes $-e-$ de radio $-o'r-$ durante el recorrido del arco subtendido del ángulo $-ro'z-$ avanza axialmente la línea $-hi-$.

Por lo tanto se determinan las longitudes de las líneas $-he-$ y $-hi-$ como sigue:

$$\text{Ang. sen } roz = \frac{4'60}{17'895} = 0'25705 = 14^{\circ}53'42''$$

465

Si la hélice de un diente del piñón, durante una vuelta completa avanza axialmente 12'70, en $14^{\circ}53'42''$ avanza:

$$\frac{12'70 \times 14^{\circ}53'42''}{360^{\circ}} = 0'525 = \text{línea } he$$

y

$$\text{Ang. sen } ro'r = \frac{4'60}{113'80} = 0'04042 = 2^{\circ}19'$$

470

Si la falsa hélice de un bueco de rueda avanza, axialmente durante una vuelta completa, 254, en $2^{\circ}19'$ avanza:

$$\frac{254 \times 2^{\circ}19'}{360^{\circ}} = 1'634 = \text{línea } hi$$

Pero (veáse Fig. 10^a)

$$ai = o'L = 5'19$$

475

de donde

$$ah = ai - hi = 5'19 - 1'634 = 3'556$$

y

$$ae = ah + he = 3'556 + 0'525 = 4'081$$



480

4'081 x 2 = 8'162 = espesor, visto normalmente a una generatriz, - que deben tener los dientes del piñón en la altura 2'905, para lograr el contacto en el punto -r-, distante 4'60 del plano de los ejes.

485

Entre tanto seguiremos fielmente el procedimiento aplicado - más arriba, para la determinación de las alturas y de los espesores correspondientes que deban tener los dientes del piñón para obtener los contactos, en los otros puntos -r- alejados, como se dice mas arriba, 4'30, 4, 3'70, 3'40, 3'10 y 2'80 del plano de los ejes.

490

Sin embargo en el trabajo omitimos la descripción, de que se trata de repetir ideas ya desarrolladas, y haremos sólo el cálculo matemático:

En consecuencia:

En el punto -r- distante 4'30 del plano de los ejes, se tiene:

$$o'r = \sqrt{113'80^2 - 4'30^2} = 113'718$$

$$oz = 131 - 113'718 = 17'282$$

495

$$or' = \sqrt{17'282^2 + 4'30^2} = 17'808$$

$$20'80 - 17'808 = 2'992 = \text{altura de los dientes.}$$

Además:

$$\text{Ang. sen } roz = \frac{4'30}{17'808} = 0'24146 = 13'58'21''$$

de donde

500

$$\frac{12'70 \times 13'58'21''}{360''} = 0'492 = \text{línea he}$$

Después:

$$\text{Ang. sen } ro'z = \frac{4'30}{113'80} = 0'03778 = 2'29'53''$$

se deduce

$$\frac{254 \times 2'29'53''}{360''} = 1'527 = \text{línea hi}$$

505

Pero

$$ei = o' L = 5'19$$

resulta

16 JUN



$$ah = ai - hi = 5.19 - 1.527 = 3.663$$

17 8 4 7 6

y

510

$$ae = ah + he = 3.663 + 0.492 = 4.155$$

4.155 x 2 = 8.310 = espesor, visto normalmente a una generatriz, - que deben tener los dientes del piñón en la altura 2.992, para obtener el contacto en el punto -r- distante 4.30 del plano de los ejes.

En el punto -r-, distante 4 mm del plano de los ejes, se tiene:

515

$$o'r = \sqrt{113.80^2 - 4^2} = 113.729$$

$$or = 131 - 113.729 = 17.271$$

$$or = \sqrt{17.271^2 + 4^2} = 17.728$$

20.80 - 17.728 = 3.072 = altura de los dientes.

Además:

520

$$\text{Ang. sen roz} = \frac{4}{17.728} = 0.22563 = 13.224^\circ$$

de donde

$$\frac{12.70 \times 13.224''}{360^\circ} = 0.460 = \text{línea he}$$

Después:

$$\text{Ang. sen ro'z} = \frac{4}{113.80} = 0.03514 = 2.249''$$

525

se deduce:

$$\frac{254 \times 2.249''}{360^\circ} = 1.420 = \text{línea hi}$$

Por lo

$$ai = 0'' L = 5.19$$

resultando

530

$$ah = ai - hi = 5.19 - 1.420 = 3.770$$

y

$$ae = ah + he = 3.770 + 0.460 = 4.230$$

4.230 x 2 = 8.460 = espesor, visto normalmente a una generatriz, que debe tener los dientes del piñón a la altura 3.072 para lograr el contacto en el punto -r- distante 4 mm del plano de los ejes.

535

En el punto -r-, distante 3.70 del plano de los ejes, se tien

18 J



17 8 4 7 6

$$o'z = \sqrt{113'80^2 - 3'70^2} = 113'739$$

$$oz = 131 - 113'739 = 17'261$$

$$or = \sqrt{17'261^2 + 3'70^2} = 17'653$$

540 $20'80 - 17'653 = 3'147 = \text{altura de los dientes}$

Además:

$$\text{Ang. sen roz} = \frac{3'70}{17'653} = 0'20959 = 12'5'53''$$

de donde

$$\frac{12'70 \times 12'5'53''}{360^\circ} = 0'426 = \text{línea he}$$

545 Después

$$\text{Ang. sen roz} = \frac{3'70}{113'80} = 0'03251 = 1'51'46''$$

se deduce

$$\frac{254 \times 1'51'46''}{360^\circ} = 1'314 = \text{línea hi}$$

Pero

550 $ai = o'' L = 5'19$

resultando

$$ah = ai - hi = 5'19 - 1'314 = 3'876$$

y

$$ae = ah + he = 3'876 + 0'426 = 4'302$$

555 $4'302 \times 2 = 8'604 = \text{espesor, visto normalmente a una generatriz, - que deben tener los dientes del piñón a la altura } 3'147 \text{ para obtener el contacto en el punto } -r- \text{ distante } 3'70 \text{ del plano de los ejes.}$

En el punto $-r-$ distante $3'40$ del plano de los ejes se tiene:

$$o'z = \sqrt{113'80^2 - 3'40^2} = 113'749$$

560 $oz = 131 - 113'749 = 17'251$

$$or = \sqrt{17'251^2 + 3'40^2} = 17'582$$

$$20'80 - 17'582 = 3'218 = \text{altura de los dientes.}$$

Además:

$$\text{Ang. sen roz} = \frac{3'40}{17'582} = 0'19337 = 11'28'58''$$

16



565

de donde

$$\frac{12.70 \times 11.8558''}{360''} = 0.393 = \text{l\u00ednea } h_e$$

17 8 476

Despu\u00e9s:

$$\text{Ang. sen } \rho'z = \frac{3.40}{113.80} = 0.02987 = 1.7242''$$

se deduce

570

$$\frac{254 \times 1.7242''}{360''} = 1.207 = \text{l\u00ednea } h_i$$

Pero

$$a_i = 0'' L = 5.19$$

resultando

$$a_h = a_i - h_i = 5.19 - 1.207 = 3.983$$

575

y

$$a_e = a_h + h_e = 3.983 + 0.393 = 4.376$$

4.376 x 2 = 8.752 = espesor, visto normalmente a una generatriz, - que deben tener los dientes del pi\u00f3n a la altura 3.218 para lograr el contacto en el punto -r- distante 3.40 del plano de los ejes.

580

En el punto -r- distante 3.10 del plano de los ejes, se tiene:

$$o'z = \sqrt{113.80^2 - 3.10^2} = 113.757$$

$$oz = 131 - 113.757 = 17.243$$

$$or = \sqrt{17.243^2 + 3.10^2} = 17.519$$

$$20.80 - 17.519 = 3.281 = \text{altura de los dientes.}$$

585

Adem\u00e1s:

$$\text{Ang. sen } \rho'z = \frac{3.10}{17.519} = 0.17695 = 10.1131''$$

de donde

$$\frac{12.70 \times 10.1131''}{360''} = 0.359 = \text{l\u00ednea } h_e$$

Despu\u00e9s:

590

$$\text{Ang. sen } \rho'z = \frac{3.10}{113.80} = 0.02724 = 1.53339''$$

se deduce

18



$$\frac{254 \times 1^{\circ}33'39''}{360^{\circ}} = 1^{\circ}101 = \text{l\u00ednea hi}$$

17 8 4 7 6

Pero

$$a_i = 0^{\circ} L = 5^{\circ}19$$

595

resultando

$$a_h = a_i - h_i = 5^{\circ}19 - 1^{\circ}101 = 4^{\circ}089$$

y

$$a_e = a_h + h_e = 4^{\circ}089 + 0^{\circ}359 = 4^{\circ}448$$

600

4^{\circ}448 \times 2 = 8^{\circ}896 = \text{espesor, visto normalmente a una generatriz, - que deben tener los dientes del pi\u00f1\u00f3n a la altura } 3^{\circ}281 \text{ para obtener el contacto en el punto -r- distante } 3^{\circ}10 \text{ del plano de los ejes.}

En el punto -r- distante 2^{\circ}80 del plano de los ejes, se tiene:

$$o'r = \sqrt{113^{\circ}80^2 - 2^{\circ}80^2} = 113^{\circ}765$$

$$or = 131 - 113^{\circ}765 = 17^{\circ}235$$

605

$$or = \sqrt{17^{\circ}235^2 + 2^{\circ}80^2} = 17^{\circ}460$$

$$20^{\circ}80 - 17^{\circ}460 = 3^{\circ}340 = \text{altura de los dientes.}$$

Adem\u00e1s:

$$\text{Ang. sen roz} = \frac{2^{\circ}80}{17^{\circ}460} = 0^{\circ}16036 = 9^{\circ}13'39''$$

de donde:

610

$$\frac{12^{\circ}70 \times 9^{\circ}13'39''}{360^{\circ}} = 0^{\circ}325 = \text{l\u00ednea he}$$

Despu\u00e9s

$$\text{Ang. sen ro'z} = \frac{2^{\circ}80}{113^{\circ}80} = 0^{\circ}02460 = 1^{\circ}24'34''$$

se deduce

$$\frac{254 \times 1^{\circ}24'34''}{360^{\circ}} = 0^{\circ}994 = \text{l\u00ednea hi}$$

615

Pero

$$a_i = 0^{\circ} L = 5^{\circ}19$$

resultando

$$a_h = a_i - h_i = 5^{\circ}19 - 0^{\circ}994 = 4^{\circ}196$$

y

17 8 4 7 8 13 JUN 5



620

ae = ah + he = 4'196 + 0'325 = 4'521

4'521 x 2 = 9'042 = espesor, visto normalmente a una generatriz, que deben tener los dientes a la altura 3'340 para obtener el contacto en el punto -r- distante 2'80 del plano de los ejes.

625

Ahora tenemos la separación de un diente del piñón, Fig. 12ª, siempre visto normalmente a una generatriz, teniendo en consideración la altura y el espesor del mismo diente, en relación al punto -r- distante 3'70 del plano de los ejes, para que tenga contacto en este punto. En efecto en dicha figura se encuentran las cotas 3'147 y 8'604 que han sido deducidas anteriormente justamente en el punto -r- distante 3'70 del plano de los ejes. Además, haciendo el espesor de la cabeza del diente 2'32, se establece una inclinación tal del perfil, que excluye el contacto a derecha e izquierda de dicho punto -r-. Veámos la razón:

630

Ante todo resaltemos que (véase Fig. 12)

635

Ang:tg. acb = (1/2 8'604 - 1/2 2'32) / 3'147 = 0'99841 = 44'57'15"

Tras lo cual, formulando la tabla siguiente, el enunciado resulta analíticamente, dado que a las distancias 4'60, 4'30, 4, 3'70, 3'40, 3'10, 2'80, del plano de los ejes se tiene

640

| | | | | |
|---------|--------------------------------|-----------------|-------|----------|
| A 4'60) | 2'32 + (2'905 x 0'99841 x 2) = | 8'120 | 8'162 | en 0'042 |
| " 4'30) | " " (2'992 " ") = | 8'294 | 8'310 | " 0'016 |
| " 4) | " " (3'072 " ") = | 8'454 | 8'460 | " 0'006 |
| " 3'70) | " " (3'147 " ") = | como la Fig. 12 | | |
| " 3'40) | " " (3'218 " ") = | 8'745 | 8'752 | en 0'007 |
| " 3'10) | " " (3'281 " ") = | 8'870 | 8'896 | " 0'026 |
| " 2'80) | " " (3'340 " ") = | 8'988 | 9'042 | " 0'054 |
| | " " (4'50 " ") = | 11'30 | | |

645

Leyendo la tabla de abajo arriba, se halla en la primera línea el método conocido que se ha aplicado para establecer el espesor del diente a la altura máxima.

650

En la segunda línea se observa que el diente a la altura --

178476



3'340, tiene un espesor de 8'988, mientras que para obtener el contacto en el punto -r- distante 2'80 del plano de los ejes, este espesor deberá ser de 9'042, justamente como se ha demostrado anteriormente; habiendo una diferencia de 0'054.

655

En la tercera línea se encuentra que en el punto -r- distante 3'10 del plano de los ejes, no hay contacto tampoco a causa de una diferencia de 0'026.

En la cuarta línea, donde el punto -r- resulta a 3'40, del plano de los ejes, tampoco hay contacto, a causa de una diferencia de 0'007.

660

Evidentemente, en la quinta línea el espesor del diente es igual al indicado en la Fig. 7ª y sin embargo, hay contacto en el punto -r- distante 3'70 del plano de los ejes.

Finalmente, en los puntos indicados en las líneas 6ª, 7ª y 8ª no hay contacto a causa de las diferencias, respectivamente, de 0'006, 0'016 y 0'042.

665

Luego hemos demostrado el modo de establecer la forma de los dientes del piñón y hemos demostrado también que con estos dientes se puede obtener el contacto en los bordes de la cabeza de los dientes de la rueda solamente en el punto -r- distante 3'70 del plano de los ejes.

670

Evidentemente, la separación de los huecos se establece fácilmente siguiendo el procedimiento aplicado para el piñón de la pareja reversible de que se ha tratado ya.

675

Luego hace falta demostrar ahora como se establece la separación de los dientes de la rueda -e- y, después, como se obtiene el contacto sobre toda la línea -nr- Fig. 9ª.

Diseñemos la Fig. 13ª, que es una reproducción de la Fig. 9ª, unamos -n- a los centros de los dos engranajes, y del mismo punto -n- bajemos una perpendicular sobre la línea -oc'- determinando la semicuerda -nv-.

680

La Fig. 14ª, es una vista en planta esquemática y parcial,



685

de la Fig. 13ª, donde se ha indicado: el eje $-yy-$ de un diente del piñón, inclinado según la inclinación de la hélice que resulta en la circunferencia exterior y el espesor de la cabeza del mismo diente, delimitada por las líneas $EE, E'E'$ (en la Fig. 14ª, ésta cabeza está diseñada en escala doble); el eje ficticio de un espacio de la rueda referida a la inclinación de la hélice que se tiene en la circunferencia exterior y la amplitud del mismo espacio delimitado por las líneas $AA, A'A'$; así como la proyección del punto $-n-$, sobre los ejes $-xx-$ e $-yy-$, sobre la línea de construcción NN , sobre el borde de la cabeza del diente del piñón, indicado por la línea AA , determinando los puntos i, e, h, a, B .

690

695

Dado que el contacto entre los dientes debe efectuarse sobre toda la línea $-nr-$, Fig. 13ª, determinemos ahora la amplitud que deben tener los huecos de la rueda para obtener el contacto solamente en el punto $-n-$, y después se verá el resto.

700

Debe resaltarse que el punto $-n-$, que se encuentra sobre el borde de la cabeza de los dientes del piñón, en la vista en planta de la Fig. 14ª, cae sobre el mismo borde de la cabeza en el punto $-a-$. Luego a fin de que haga contacto en éste punto, los huecos de la rueda deben tener una amplitud igual a la distancia entre los puntos $-a-$ e $-i-$, multiplicada por 2.

705

710

Ahora recordemos la condición 5) y, al satisfacerla, resultará que el punto $-n-$ se encuentra a 5 mm de distancia del plano de los ejes. Pero esta distancia debe ser establecida con una exactitud matemática que por tanto debe ser obtenida deduciendo primero las diferentes amplitudes que los espacios deben tener para obtener el contacto a derecha e izquierda del punto $-n-$, a las distancias arbitrarias indicadas anteriormente, y, después formando convenientemente la separación de los mismos huecos, reduciremos el contacto solamente al punto $-n-$.

Sean las distancias indicadas 5'70, 5'40, 5'10, 4'80, 4'50, 4'20, 3'90.



715

En el punto -n- distante 5'70 del plano de los ejes, se tiene (véase Fig. 13).

$$ov = \sqrt{20'80^2 - 5'70^2} = 20'003$$

$$o'v = 131 - 20'003 = 110'997$$

$$o'n = \sqrt{110'997^2 + 5'70^2} = 111'143$$

720

Si restamos del radio exterior de la rueda el valor -o'n-, que se ha determinado anteriormente, se obtiene la profundidad de los huecos de la misma rueda, en el punto -n- distante 5'70 del plano de los ejes, es decir

$$115'80 - 111'143 = 4'657$$

725

Entre tanto, las hélices correspondientes a la circunferencia exterior del piñón, que se origina en el plano de los ejes y que está indicada por el punto -o"- de la Fig. 14, durante un recorrido angular igual al arco subtendido al ángulo -nov-, avanza axialmente la línea -he-.

730

Y la hélice correspondiente al radio -o'n- de la rueda que se origina también en el plano de los ejes -e-, también en -o"- Fig. 14 durante un recorrido del arco subtendido en el ángulo -no'v-, avanza axialmente la línea -hi-.

735

Determinemos las longitudes de las líneas indicadas del modo siguiente:

$$\text{Ang. sen nov} = \frac{5'70}{20'80} = 0'27403 = 15'54'15''$$

Si la hélice de un diente del piñón avanza axialmente 12'70 a cada vuelta completa, en 15'54'15'', avanza:

$$\frac{12'70 \times 15'54'15''}{360''} = 0'561 = \text{línea he}$$

740

$$\text{Ang. sen no'v} = \frac{5'70}{111'143} = 0'05128 = 2'56'21''$$

Si la hélice de un diente de la rueda avanza axialmente 254, a cada vuelta completa, en 2'56'21'', avanza:

$$\frac{254 \times 2'56'21''}{360''} = 2'073 = \text{línea hi}$$



178476

745 Pero

$$e_i = h_i - h_e = 2'073 - 0'561 = 1'512$$

$$a_e = 0'' R = \frac{2'32}{2} = 1'16$$

resultando

$$e_i = a_e + e_i = 1'16 + 1'512 = 2'672$$

750

2'672 x 2 = 5'344 = amplitud, vista normalmente a una generatriz, - que deben tener los espacios de la rueda a la profundidad 2'657, para obtener el contacto en el punto -n-, distante 5'70 del plano de los ejes.

En el punto -n- distante 5'40 del plano de los ejes, se tiene:

755

$$o_v = \sqrt{20'80^2 - 5'40^2} = 20'086$$

$$o'v = 131 - 20'086 = 110'914$$

$$o'n = \sqrt{110'914^2 + 5'40^2} = 111'045$$

113'80 - 111'045 = 2'755 = profundidad de los huecos.

Además:

760

$$\text{Ang. sen nov} = \frac{5'40}{20'80} = 0'25961 = 15^{\circ}2'48''$$

de donde

$$\frac{12'70 \times 15^{\circ}2'48''}{360^{\circ}} = 0'53 = \text{línea } h_e$$

Después:

$$\text{Ang. sen no'v} = \frac{5'40}{111'045} = 0'04862 = 2^{\circ}47'12''$$

765

siguiéndose:

$$\frac{254 \times 2^{\circ}47'12''}{360^{\circ}} = 1'966 = \text{línea } h_i$$

Pero

$$e_i = h_i - h_e = 1'966 - 0'53 = 1'436$$

$$a_e = 1'16$$

770

resultando

$$e_i = a_e + e_i = 1'16 + 1'436 = 2'596$$

2'596 x 2 = 5'192 = amplitud, vista normalmente a una generatriz,

17 8 4 7 6



775 que los huecos de las ruedas deben tener a la profundidad 2'755 para obtener el contacto en el punto -n-, distante 5'40 del plano de los ejes.

En el punto -n- distante 5'10 del plano de los ejes, se tiene:

$$ov = \sqrt{20'80^2 - 5'10^2} = 20'165$$

$$o'v = 131 - 20'165 = 110'835$$

$$o'n = \sqrt{110'835^2 + 5'10^2} = 110'952$$

780 $113'80 - 110'952 = 2'848 =$ profundidad de los huecos.

Además:

$$\text{Ang. sen nov} = \frac{5'10}{20'80} = 0'24519 = 14'11'35''$$

de donde

$$\frac{12'70 \times 14'11'35''}{360^\circ} = 0'50 = \text{línea he}$$

y

$$\text{Ang. sen no'v} = \frac{5'10}{110'952} = 0'04596 = 2'38'2''$$

siguiéndose

$$\frac{254 \times 2'38'2''}{360^\circ} = 1'858 = \text{línea hi}$$

Pero

$$790 \quad ei = hi - he = 1'858 - 0'50 = 1'358$$

$$ae = 1'16$$

resultando

$$ai = ae + ei = 1'16 + 1'358 = 2'518$$

795 $2'518 \times 2 = 5'036 =$ amplitud, vista normalmente a una generatriz, que deben tener los huecos de la rueda a la profundidad 2'848 para obtener el contacto en el punto -n- distante 5'10 del plano de los ejes.

En el punto -n- distante 4'80 del plano de los ejes, se tiene:

$$ov = \sqrt{20'80^2 - 4'80^2} = 20'238$$

$$o'v = 131 - 20'238 = 110'762$$

17 8 4 7 6 3 JUN 1958



800

$$o'n = \sqrt{110'762^2 + 4'80^2} = 110'865$$

113'80 - 110'865 = 2'935 = profundidad de los huecos.

Además:

$$\text{Ang. sen nov} = \frac{4'80}{20'86} = 0'23076 = 13'20'29''$$

de donde:

805

$$\frac{12'70 \times 13'20'29''}{360^\circ} = 0'47 = \text{línea he}$$

Después:

$$\text{Ang. sen no'v} = \frac{4'80}{110'865} = 0'04329 = 2'28'51''$$

siguiéndose:

$$\frac{254 \times 2'28'51''}{360^\circ} = 1'75 = \text{línea hi}$$

810

Pero

$$ei = hi - he = 1'75 - 0'47 = 1'28$$

$$ae = 1'16$$

resulta

$$ai = ae + ei = 1'16 + 1'28 = 2'44$$

815

2'44 x 2 = 4'88 = amplitud, vista normalmente a una generatriz, - que deben tener los huecos de las ruedas a la profundidad 2'935 para obtener el contacto en el punto -n- distante 4'80 del plano de los ejes.

En el punto -n- distante 4'50 del plano de los ejes, se tiene:

820

$$ov = \sqrt{20'80^2 - 4'50^2} = 20'307$$

$$o'v = 131 - 20'307 = 110'693$$

$$o'n = \sqrt{110'693^2 + 4'50^2} = 110'784$$

113'80 - 110'784 = 3'016 = profundidad de los huecos.

Además:

$$\text{Ang. sen nov} = \frac{4'50}{20'80} = 0'21634 = 12'29'38''$$

de donde

$$\frac{12'70 \times 12'29'38''}{360^\circ} = 0'44 = \text{línea he}$$

17 8 4 7 8 16 JUN



Después:

$$\text{Ang. sen } \alpha'v = \frac{4'50}{110'784} = 0'04061 = 2'19'39''$$

830 siguiéndose

$$\frac{254 \times 2'19'39''}{360^\circ} = 1'644 = \text{línea } h_1$$

Pero

$$e_1 = h_1 - h_e = 1'644 - 0'44 = 1'204$$

$$a_e = 1'16$$

835 resulta

$$a_1 = a_e + e_1 = 1'16 + 1'204 = 2'364$$

2'364 x 2 = 4'728 = amplitud, vista normalmente a una generatriz, que deben tener los huecos de la rueda, a la profundidad 3'016 para obtener el contacto en el punto -n-, distante 4'50 del plano de los ejes.

840

En el punto -n- distante 4'20 del plano de los ejes, se tiene:

$$ov = \sqrt{20'80^2 - 4'20^2} = 20'371$$

$$o'v = 131 - 20'371 = 110'629$$

$$o'n = \sqrt{110'629^2 + 4'20^2} = 110'708$$

845 113'80 - 110'708 = 3'092 = profundidad de los huecos.

Además:

$$\text{Ang. sen } \alpha'v = \frac{4'20}{20'80} = 0'20192 = 11'38'56''$$

de donde

$$\frac{12'70 \times 11'38'56''}{360^\circ} = 0'41 = \text{línea } h_e$$

850

Después:

$$\text{Ang. sen } \alpha'v = \frac{4'20}{110'708} = 0'03793 = 2'10'24''$$

siguiéndose

$$\frac{254 \times 2'10'24''}{360^\circ} = 1'533 = \text{línea } h_1$$

Pero

17 8 4 7 6



855

$$e_i = h_i - h_e = 1'535 - 0'41 = 1'123$$

$$a_e = 1'16$$

resulta

$$a_i = a_e + e_i = 1'16 + 1'123 = 2'283$$

860

2'283 x 2 = 4'566 = amplitud, vista normalmente a una generatriz, - que deben tener los huecos de la rueda a la profundidad 3'092 para obtener el contacto en el punto -n- distante 4'20 del plano de los ejes.

En el punto -n- distante 3'90 del plano de los ejes se tiene:

$$o_v = \sqrt{20'80^2 - 3'90^2} = 20'431$$

865

$$o'v = 131 - 20'431 = 110'569$$

$$o'n = \sqrt{110'569^2 + 3'90^2} = 110'637$$

$$113'80 - 110'637 = 3'163 = \text{profundidad de los huecos.}$$

Además:

$$\text{Ang. sen } \theta_{ov} = \frac{3'90}{20'80} = 0'18750 = 10^{\circ}48'25''$$

870

de donde

$$\frac{12'70 \times 10^{\circ}48'25''}{360^{\circ}} = 0'381 = \text{línea } h_e$$

Después:

$$\text{Ang. sen } \theta_{o'v} = \frac{3'90}{110'637} = 0'03525 = 2^{\circ}1'12''$$

se sigue

875

$$\frac{254 \times 2^{\circ}1'12''}{360^{\circ}} = 1'425 = \text{línea } h_i$$

Pero

$$e_i = h_i - h_e = 1'425 - 0'381 = 1'044$$

$$a_e = 1'16$$

resulta

880

$$a_i = a_e + e_i = 1'16 + 1'044 = 2'204$$

2'204 x 2 = 4'408 = amplitud, vista normalmente a una generatriz, - que deben tener los huecos de la rueda, a la profundidad 3'163 para obtener el contacto en el punto -n-, distante 3'90 del plano de los

178476



ejes.

885

Ahora debemos recordar que la amplitud de los huecos de la rueda en la circunferencia exterior, vista normalmente a una generatriz, es de 10'39 (véase Figs. 10 y 14), formando los huecos de esta rueda de modo que se obtenga el contacto en el punto -n-, distante 4'80 -- del plano de los ejes, resulta la Fig. 15, en la cual el ángulo -abc- es de:

890

$$\text{Ang. tg. } \frac{1/2 \ 19'39 - 1/2 \ 4'88}{2'935} = 0'93696 = 4328'8''$$

De hecho, en dicha Fig. 15 se hallan las cotas 2'935 y 4'88 -- que la determinan, las cuales han sido deducidas anteriormente en -- correspondencia al punto -n-, distante 4'80 del plano de los ejes.

895

Por tanto la tabla siguiente está formulada, teniendo en cuenta los datos determinados anteriormente, relativos a los puntos -n- alejados a diferentes distancias del plano de los ejes (véase Fig. 13).

900

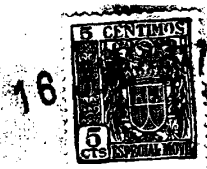
905

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|---|--------|--------|---------|---|----|---|--------------------|-------|----|-------|
| nv = | 5'90) | 10'39 | = | (2'657 | x | 0'93696 | x | 2) | = | 5'403 | 5'344 | en | 0'059 |
| " | " | 5'40) | " | " | (2'755 | " | " |) | " | 5'219 | 5'192 | " | 0'027 |
| " | " | 5'10) | " | " | (2'848 | " | " |) | " | 5'045 | 5'036 | " | 0'009 |
| " | " | 4'80) | " | " | (2'935 | " | " |) | " | Como la figura 15. | | | |
| " | " | 4'50) | " | " | (3'016 | " | " |) | " | 4'731 | 4'728 | en | 0'003 |
| " | " | 4'20) | " | " | (3'092 | " | " |) | " | 4'587 | 4'566 | " | 0'020 |
| " | " | 3'90) | " | " | (3'163 | " | " |) | " | 4'455 | 4'408 | " | 0'047 |
| " | " | | " | " | (4'50 | " | " |) | " | 1'948 | | | |

Leyendo la tabla precedente de abajo arriba, se encuentra que la primera línea ha sido útil solamente para deducir la amplitud del fondo de los huecos.

910

En la segunda línea se observa que en el punto -n-, distante 3'90 del plano de los ejes, no hay contacto, dado que para tener este contacto, la amplitud de los huecos de la rueda, siempre vistos normalmente a una generatriz, deberá ser de 4'408, justamente como resulta de las operaciones que se han hecho anteriormente en rela--



915 ción a dicho punto; pero esta amplitud es de $4^{\circ}455$, luego hay una diferencia de $0^{\circ}047$.

En la tercera línea se encuentra que el punto -n-, distante $4^{\circ}20$ del plano de los ejes, no hay contacto a causa de una diferencia de $0^{\circ}020$.

920 En la cuarta línea, donde $-nv- = 4^{\circ}50$, la diferencia es de $0^{\circ}003$ solamente.

En la quinta línea resulta que en el punto -n-, distante $4^{\circ}80$ del plano de los ejes, hay contacto, puesto que la amplitud de los huecos en este punto es la misma que se ha indicado en la Fig. 15.

925 Y, en fin, en los puntos -n-, correspondientes a la sexta, séptima y octava línea, no hay contacto, a causa de las diferencias respectivas de $0^{\circ}009$, $0^{\circ}027$ y $0^{\circ}059$.

930 Hemos demostrado, pues, como se establece la separación de los huecos de la rueda, Fig. 15, vista normalmente a una generatriz, de donde es naturalmente fácil deducir la de los dientes; y hemos demostrado también analíticamente que, para esta separación, se obtiene sólo el contacto en el punto -n-, distante $4^{\circ}80$ del plano de los ejes.

935 Pero sabemos ya que hay un contacto sólo en el punto -n-. Luego, uniendo los puntos -n- y -r-, resultará la línea de contacto -nr-, que hemos enunciado al principio. Esta línea de contacto puede ser considerada como recta, dado que, si se determinan muchos otros puntos de contacto a lo largo de la misma línea, según el procedimiento teórico que hemos expuesto, y los reunimos después, resultará 940 justamente una recta tal como la indicada en la Fig. 13, puesto que tienen diferencias tan pequeñas que no se pueden apreciar, particularmente a los fines de la irreversibilidad que debemos demostrar.

945 Evidentemente, no llevaremos nuestra exposición a determinar los otros puntos de contacto, únicamente para no sobrecargar de modo tan excesivo una solicitud de Patente.

Igualmente por brevedad, pero a título también de complemento,

178476



950 nos limitamos a precisar que, dado que los dientes del piñón, Fig. 12, lo mismo que los huecos de la rueda, Fig. 15, están vistos normalmente a una generatriz, mientras que para la fabricación es necesario determinar las mismas figuras vistas normalmente a las hélices respectivas, por el procedimiento a seguir, justamente para obtener estas últimas vistas, es suficiente lo que se ha dicho anteriormente al hablar de las ruedas reversibles.

DEMOSTRACION DE LA IRREVERSIBILIDAD

955 Consultando la primera tabla se encuentra que, a derecha e izquierda, del punto -r- no hay punto de contacto a causa de tales diferencias que es justo pensar que la línea media de la superficie de contacto se encuentra exactamente a 3'70 del plano de los ejes. Y, consultando la segunda tabla se encuentra que en el punto -n-,
 960 distante 4'50 del plano de los ejes, no hay contacto a causa de una diferencia de 0'003 solamente; mientras que a la distancia 5'10, - esta diferencia es de 0'009; luego se puede pensar que la línea media de la superficie de contacto se encuentra verosimilmente en el punto -n- distante 4'70 del plano de los ejes.

965 Evidentemente, puede obtenerse una determinación matemática más exacta, efectuando las operaciones sobre los valores de -nv-, diferentes sucesivamente entre ellos, no 0'3, como hemos hecho, sino una cantidad más pequeña. Si las diferencias precitadas están limitadas a 0'1, las cotas marcadas en la Fig. 15, que dependen del
 970 valor de -nv- estarán, quizá, determinadas directamente por las cotas que se derivan del valor de -nv- = 4'70.

En todo caso, a los efectos prácticos, el procedimiento adoptado es más que suficiente.

975 Entre tanto, refiriéndonos al punto de contacto -r- Fig. 9, se sabe ya que -rz- = 3'70, $oz = 17'261$. Y, refiriéndonos al punto de contacto -n-, Fig. 13, si $nv = 4'70$ es muy aproximado $ov = 20'238 + \frac{20'307 - 20'238}{2} = 20'261$. (Los datos 20'307 y 20'238,



corresponden a los valores de -ov-, respectivamente en relación a nv = 4'50 y 4'80).

980

Por tanto en la misma Fig. 13, se tiene que:

$$ov - oz = 20'261 - 17'261 = 3$$

$$nv - rz = 4'70 - 3'70 = 1$$

Trazando, con ayuda de estas cotas, un triángulo rectángulo, se encuentra que la línea -nv- está inclinada 18°26'4" en relación al plano de los ejes.

985

En efecto (véase Fig. 16)

$$\text{Ang. tg. abc} = 1 : 3 = 0'33333 = 18'26'4"$$

Naturalmente la longitud de la línea -nr- es igual a la longitud de la hipotenusa -ab-, es decir:

990

$$\sqrt{nr} = ab = \sqrt{1^2 + 3^2} = 3'16$$

Luego, puesto que la línea -nr- no está dispuesta radialmente, se apoya entre los dientes, sobre un plano cuya inclinación es diferente de las inclinaciones de los perfiles según las Figs. 12 y 15. En efecto, si se mira un hueco de la rueda normalmente a una generatriz, teniendo en cuenta que la amplitud de estos huecos en el punto -r- es de 10'39 y que se ha considerado nv = 4'70; la amplitud en el punto -n- es, muy aproximadamente, de 4'88 - $\frac{4'88 - 4'73}{3}$ = 4'83.

995

(Las cotas 4'88 y 4'73 corresponden a las amplitudes de los huecos en estos dos puntos -n- distantes respectivamente 4'80 y 4'50 del plano de los ejes. Véase 2ª tabla).

1000

Además, puesto que la longitud de la línea nr = 3'16, se puede diseñar la Fig. 17, de la cual resulta:

$$\text{Ang. tg. abc} = \frac{1/2 \ 10'39 - 1/2 \ 4'83}{3'16} = 0'87816 = 41'17'17"$$

1005

Daigo la superficie de contacto se apoya, entre los dientes, sobre un plano inclinado de 41°17'17" y, por consecuencia, su longitud es de:

$$\frac{3'16}{\cos 41'17'17"} = 4'20$$



1010

Tracemos, ahora, la Fig. 18, que es una vista esquemática y parcial, en planta, de la rueda, donde los dientes están inclinados según la inclinación de la hélice en la circunferencia original, es decir:

$$\text{Ang. tg. } \frac{224 \times 3'1416}{254} = 2'77051 = 70^{\circ}9'10''$$

Como se insuye la Fig. 19 es una reproducción de las Figs. 9 y 13.

1015

Si se secciona el engranaje según la línea -ner-, Fig. 19, y se mira esta sección normalmente a una generatriz, se tiene la Fig. 20, que es una vista parcial en que las superficies de contacto entre los dientes resultan inclinadas, como se sabe, $41^{\circ}17'17''$.

1020

Si llamamos P al esfuerzo periférico dado a la rueda (véase Fig. 19), las superficies de contacto estarán presionadas con una fuerza:

$$Q = \frac{P}{\cos 70^{\circ}9'10''} \quad (\text{véase Fig. 18})$$

Y poniendo 100 kg. en lugar de P:

$$Q = \frac{100}{0'33952} = \text{Kg } 294'13$$

1025

Además:

$$F = \text{Ptg. } 70^{\circ}9'10'' = 100 \times 2'77051 = \text{Kg. } 277'05$$

Es decir que el empuje axial, o esfuerzo normal en las caras de la rueda, es de 277'05 kg. En la Fig. 20 éste esfuerzo está representado por las fuerzas S'Q' y S'Q". Y naturalmente, dada la inclinación de las superficies de contacto entre los dientes, se tienen los dos paralelogramos:

1030

S'R', F', Q', y S' R' F'', Q''.

1035

Evidentemente, mientras que las resultantes S'Q' y S'Q'' se equilibran, los componentes S'R' y S'R'' producen sus efectos y por los mismos se obtienen también, respectivamente, las fuerzas S'r' y S'r''. Pero la línea r'S'r'' es paralela a la línea de contacto -nqr- Fig. 19. Así en la misma Fig. 19 la fuerza S'r' está representada por la fuerza s T, y la fuerza S'r'', igual y contraria a la de S'r'', y está representada por la fuerza sT'.



1040

Luego, del esfuerzo periférico, de la medida del ángulo en el momento de la rueda, y de la inclinación de las superficies de contacto entre los dientes, resulta que el juego de engranajes está sometido simultáneamente: (véase Fig. 19).

1045

- 1).- al esfuerzo periférico sP que tiende a hacer girar la rueda en el sentido de las manillas de un reloj;
- 2).- a la fuerza sT' , que tiende al mismo objeto;
- 3).- a la fuerza sT que tiende a parar la rotación de los engranajes.

1050

Mientras tanto en la Fig. 20 se tiene:

$$S'F' = S'Q' \cos 41^{\circ}17'17'' = 277'05 \times 0'75141 = 208'17;$$

y

$$S'r' = S'F' \cos (90^{\circ} - 41^{\circ}17'17'') = 208'17 \cos 48^{\circ}42'43'' = 208'17 \times 0'65985 = \text{Kg. } 137'36$$

Evidentemente también $S'r'' = 137'36 \text{ Kg.}$

1055

Luego, en la Fig. 19, de las fuerzas sP y sT se obtiene la resultante sR .

Pero $sP = 100$, $sT = 137'36$, luego:

$$sR = \sqrt{100^2 + 137'36^2} = 169'90 \text{ Kg.}$$

El efecto de esta resultante, en relación a la rueda solamente es de

1060

$$sR \times o'H$$

Deducamos el brazo de palanca $o'H$ del modo siguiente:

El punto $-s-$ se halla a la mitad de la distancia entre los puntos $-n-$ y $-r-$. Bajando del mismo punto $-s-$ la perpendicular $-sc-$ a la línea $-oo'-$ y recordando que en la Fig. 13, $nv = 4'70$, $rz = 3'70$, podemos escribir

1065

$$sc = \frac{4'70 + 3'70}{2} = 4'20$$

Pero recordemos también que en la misma Fig. 13, $ov = 20'261$ y $oz = 17'261$, luego: (véase Fig. 19)

$$oc = 17'261 + \frac{20'261 - 17'261}{2} = 18'761$$

178478



1070

de donde

$$o'o = 131 - 18'761 = 112'239$$

y

$$o's = \sqrt{o'o^2 + sc^2} = \sqrt{112'239^2 + 4'20^2} = 112'317$$

Mientras:

1075

$$\text{Ang. tg. } so'o = \frac{sc}{o'o} = \frac{4'20}{112'239} = 0'03742 = 2'8'35''$$

el ángulo Eso' es igual al ángulo $so'o$

de donde

$$\text{ang. } Eso' = \text{ang. } EsB + \text{ang. } Eso' = 18'26'4'' + 2'8'35'' = 20'34'39''$$

Después:

1080

$$\text{Ang. tg. } R sP = \frac{137'36}{100} = 1'37'360 = 53'56'40''$$

Como el ángulo $R sP = 90'$, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Ang. } o'sH &= 90' - (\text{ang. } Eso' + \text{ang. } R sP) = \\ &= 90' - (20'34'39'' + 53'56'40'') = 15'28'41'' \end{aligned}$$

Y el brazo de palanca buscado es:

1085

$$o'H = o's \text{ sen } 15'28'41'' = 112'317 \times 0'26689 = 29'97$$

Después el efecto de la resultante sR multiplicado por dicho brazo de palanca es de :

$$sR \times o'H = 169'90 \times 29'97 = 5091'90 \text{ Kgmm.}$$

Sin embargo el brazo de palanca, sobre el cual se ejerce el esfuerzo periférico sP , es:

1090

$$\begin{aligned} o'A &= o's \text{ cos } \text{ang. } so'P = 112'317 \times \text{cos } 20'34'39'' = \\ &= 112'317 \times 0'93620 = 105'15 \end{aligned}$$

Pero

$$sP \times o'A = 100 \times 105'15 = 10515 \text{ Kgmm.}$$

1095

De donde resulta que la fuerza sT reduce el efecto del esfuerzo periférico del producto $sP \times o'H = 5091'90$.

Es decir que la fuerza sT produce una acción presente de:

$$10515 - 5091'90 = 5423'10 \text{ Kgmm. (2)}$$

Entretanto, la resultante sR , a causa de su dirección, produce un empuje, que pasa por el centro de la rueda, igual a la inten-

1100



1105 sidad de la fuerza sM . Pero, por analogía a lo que sucede en todas las otras ruedas engranantes entre dos ejes paralelos, a la fuerza sM se opone la sF , igual y de sentido contrario, la cual tiende a hacer girar el piñón en el sentido contrario a la dirección del es fuerzo periférico. Por el contrario la fuerza sT' , igual y de sentido contrario a la fuerza sF , tiende a hacer girar el piñón en la di rección del esfuerzo periférico.

Luego la resultante de dichas fuerzas opuestas, unida a la (2), nos dará la potencia de la acción presente definitiva.

1110 Luego:

$$sF = eM = sR \cos \text{ang } o'sN = 169.90 \cos 15^{\circ}28'41'' = 169.90 \times 0.96374 = 163.73;$$

$$oD = oc' \text{ sen ang } so'c = 131 \text{ sen } 2^{\circ}8'35'' = 131 \times 0.03739 = 4.89;$$

de donde

$$sF \times oD = 163.73 \times 4.89 = 800.63 \text{ Kgmm. (A)}$$

Después:

Como el ángulo $so'c =$ al ángulo $EsN = 18^{\circ}26'4''$, resulta:

$$oc = \frac{sa}{\text{Tg. } 18^{\circ}26'4''} = \frac{4.20}{0.33333} = 12.60$$

1120 y

$$oe = oc - oc = 18.761 - 12.60 = 6.161;$$

de donde

$$oN = oes \text{ sen } 18^{\circ}26'4'' = 6.161 \times 0.31621 = 1.98.$$

Pero

1125

$$sT' = 137.36$$

Luego:

$$sT' \times oN = 137.36 \times 1.98 = 271.97 \text{ Kgmm. (B)}$$

Subtrayendo (B) de (A) se tiene:

$$800.63 - 271.97 = 528.66 \text{ Kgmm.}$$

1130

luego:

$$oc = \sqrt{oe^2 + sa^2} = \sqrt{18.761^2 + 4.20^2} = 19.22;$$



178476

Además:

$$528'66 + 19'22 = 27'50 \text{ Kg.}$$

1135

Luego la resultante de las fuerzas EF y EF' se traduce en un esfuerzo de 27'50 Kg., obrando normalmente a la línea nsr en sentido contrario a la dirección del esfuerzo periférico EF y, naturalmente, con el brazo de palanca $o'A$.

Pero puesto que $o'A = 105'15$

se tiene:

1140

$$27'50 \times 105'15 = 2891'62 \quad (3)$$

Sumando (2) a (3) se tiene:

$$5423'10 + 2891'62 = 8314'72 \quad (4)$$

1145

Es decir que resulta definitivamente que la rueda está sometida conjuntamente a la acción motriz (1) y a la acción frenante (4), cuya relación es:

$$\frac{8314'72}{10515} = 0'79$$

Luego a la acción motriz que se derive del esfuerzo periférico, se opone una acción frenante igual a 79% de la misma acción motriz.

1150

Pero dado que el juego de ruedas que se acaba de describir, - en los ensayos prácticos ha dado un rendimiento del 70%, es evidente que el 30% del efecto del esfuerzo periférico es absorbido por las resistencias pasivas, que se traducen en una acción permanente, debida a todo el conjunto, mientras el 70% restante se equilibra por la acción frenante 0'79 que ha sido determinada anteriormente con un exceso de 9% como margen de seguridad.

1155

Y es aquí demostrado como se verifica el fenómeno de la irreversibilidad entre los ejes paralelos.

1160

Luego, para tranquilidad del examinador gubernamental de Patentes, precisamos que el 70% de rendimiento ha sido descubierto por los Profesores de la Escuela Superior de Ingeniería, de Nápoles, - efectuando las medidas en dos diferentes laboratorios experimenta-



les y empleando aparatos y medios diferentes.

1165 Además, queremos recordar al mismo Examinador que en las Patentes de hace varios años, se ha reivindicado también la irreversibilidad entre ejes paralelos, pero siguiendo un procedimiento completamente insuficiente para traducir el trabajo a la práctica, como nunca se ha podido realizar la aplicación práctica. Para la historia de
1170 de anotarse que hace varios años se había visto sólo vagamente un principio y que varios años de estudio y experimentos, han sido precisos para llegar a una conclusión satisfactoria, antes ampliamente demostrada.

1175 Es también evidente que, si se quiere transmitir una potencia mayor, de la que se puede con un sólo piñón, será suficiente hacer engranar a la rueda conducida varios piñones (dos o tres, según que se quiera doblar o triplicar la potencia a transmitir), sin modificar, sin embargo ninguno de los elementos que componen la rueda conducida.

1180 Naturalmente, estos piñones estarán unidos entre ellos y al árbol motor M por uno de los diferentes sistemas conocidos (engranajes, cadenas, correas trapezoidales) como se muestra, a título de ejemplo en las Figs. 21, 22 y 23.

1185 Además es evidente que es también fácil aumentar la relación de velocidad dada por un sólo piñón que engrane con la rueda, actuando por las transmisiones mostradas en los diseños citados, Figs. 21, 22 y 23.

1190 Habiendo descrito y detallado con toda amplitud la naturaleza del invento, debe hacerse constar que las expresiones escritas anteriormente son susceptibles de modificación de detalle sin que por ello se altere el principio fundamental.

H O T A

EN RESUMEN: La patente de invención que, por veinte años, se solicita para España y sus Colonias, ha de recaer sobre las siguientes reivindicaciones:



1195

1ª:- Ruedas de engranajes reversibles, que engranan entre ejes paralelos, mono o bihelicoidales, en que los diámetros de las ruedas conducidas son sensiblemente inferiores a lo que debían ser en relación a las relaciones respectivas de velocidad y en las cuales el contacto entre los dientes se extiende sobre casi la totalidad de la superficie comprendida entre los arcos -abc- y -cda- Figura 1ª.

1200

2ª:- Ruedas de engranajes irreversibles, que engranan entre ejes paralelos, mono o bihelicoidales, en los cuales los diámetros de las ruedas conducidas, son sensiblemente inferiores a lo que debieran ser en relación a las relaciones de velocidad respectivas, pero en las cuales la superficie de contacto entre los dientes, y el perfil de los mismos dientes, la medida de los ángulos en el vértice y las medidas de los diámetros son tales, que permiten realizar la irreversibilidad, como, en uno de los ejemplos posibles, ha sido demostrado en la descripción.

1205

1210

3ª:- Por último, se reivindica como objeto sobre el que ha de recaer la presente patente de invención que, por veinte años, se solicita para España y sus Colonias, -----

P O R

1215

" RUEDAS DE ENGRANAJE MONO O BIHELICOIDALES, REVERSIBLES E IRREVERSIBLES, QUE EN LOS DOS CASOS ENGRANAN ENTRE EJES PARALELOS *.

Todo conforme queda expresado en la presente Memoria Descriptiva que consta de cuarenta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara y planos que se acompañan.

Madrid, 16 de Junio de 1.947.

F. A,
PEDRO FELIU MANA
P. P.
[Handwritten Signature]

17 8 4 7 8

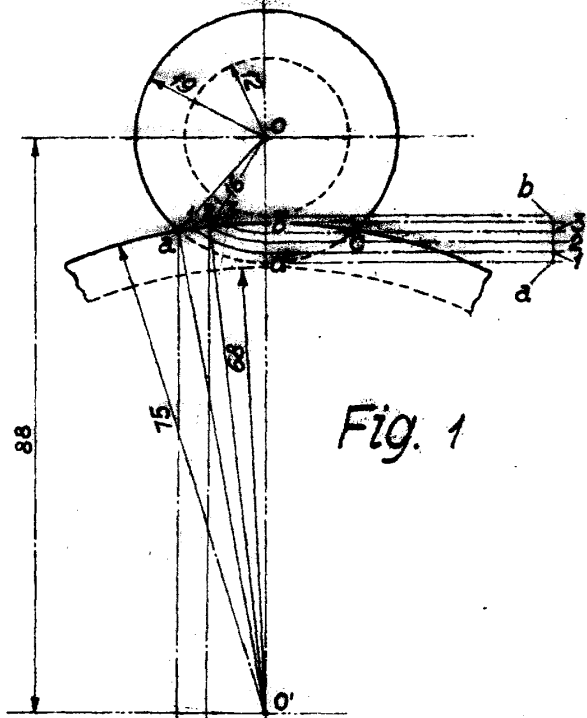


Fig. 1

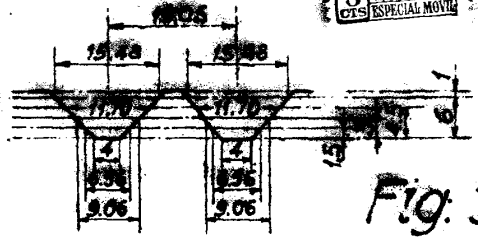


Fig. 3

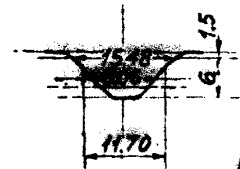


Fig. 7

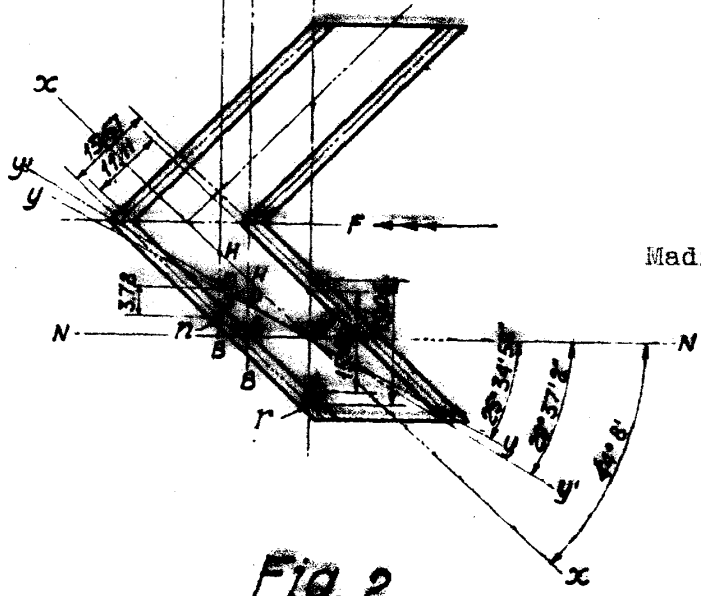


Fig. 2

ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 de Junio 1.947

P.A.
ALESSANDRO ROANO
P.A.
A. Roano

17 8 4 7 8

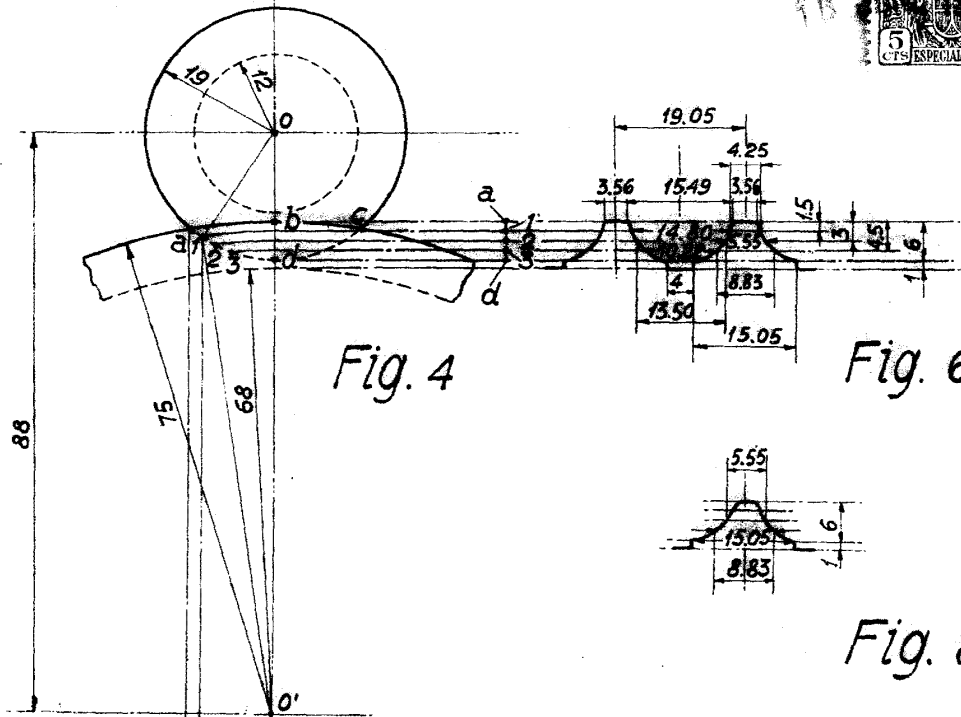


Fig. 4

Fig. 6

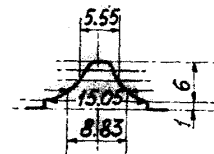


Fig. 8

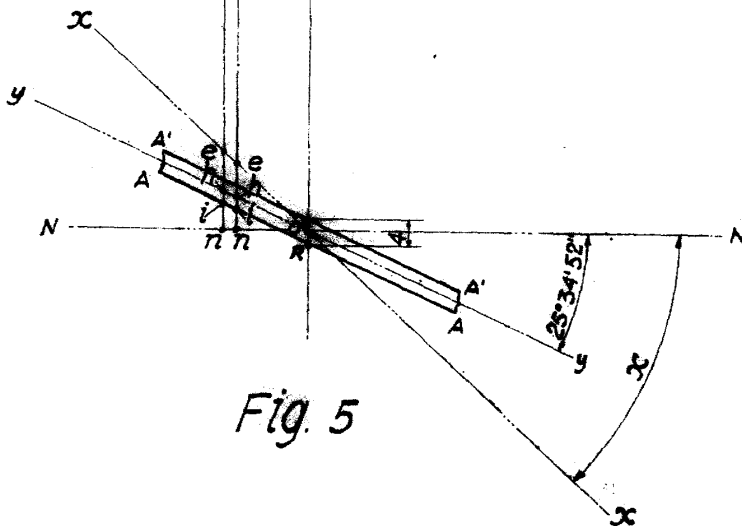


Fig. 5

ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 de Junio de 1947

P.A.,

REGISTRADO EN MADRID

[Handwritten signature]

17 8 4 7 6

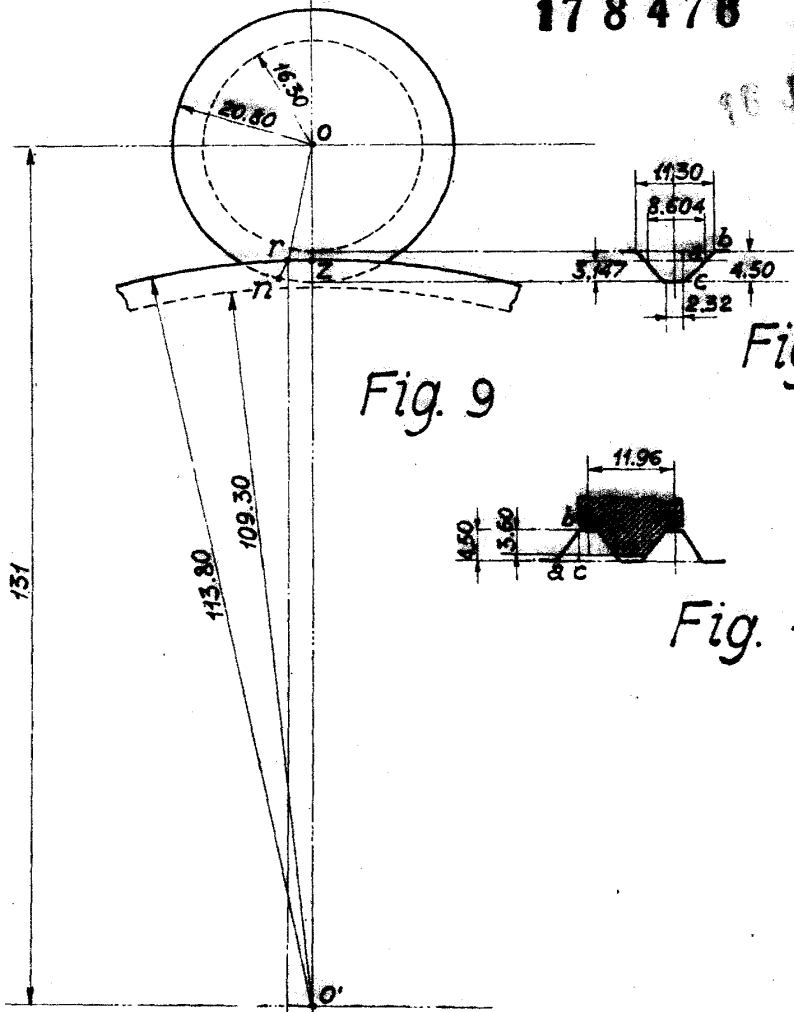


Fig. 9

Fig. 12

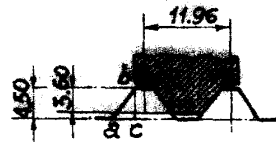


Fig. 11

ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 de Junio de 1.947

P. A.,

FEDERICO MARRA

Federico

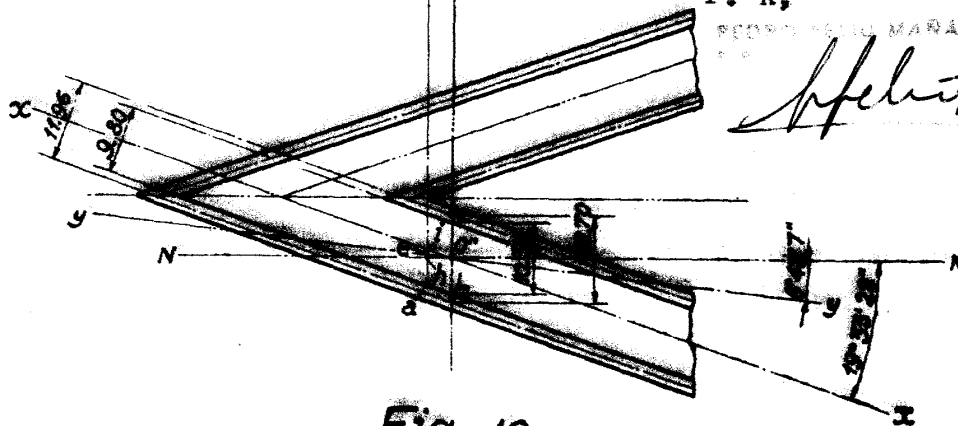


Fig. 10

178476

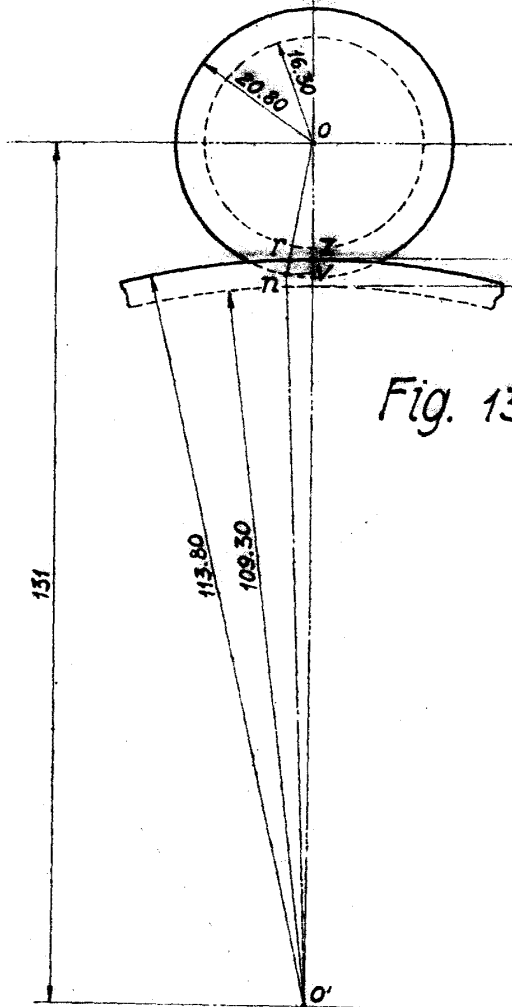


Fig. 13

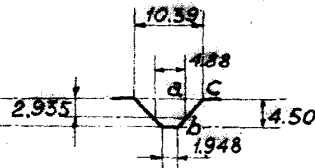


Fig. 15

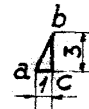


Fig. 16

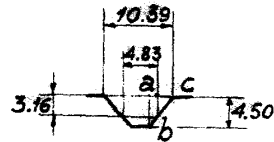


Fig. 17

ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 de Junio de 1.947

P.A.

PROFESOR DE DISEÑO

h. helguera

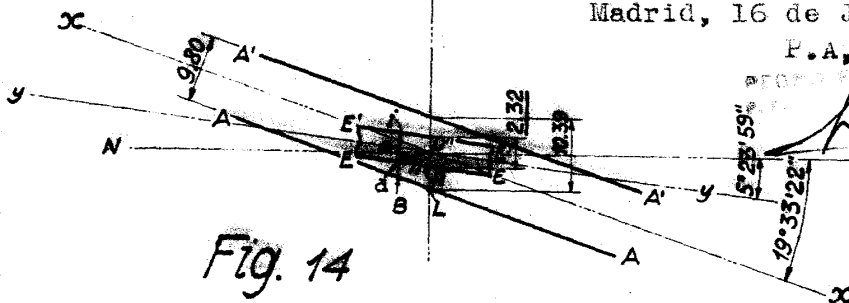


Fig. 14

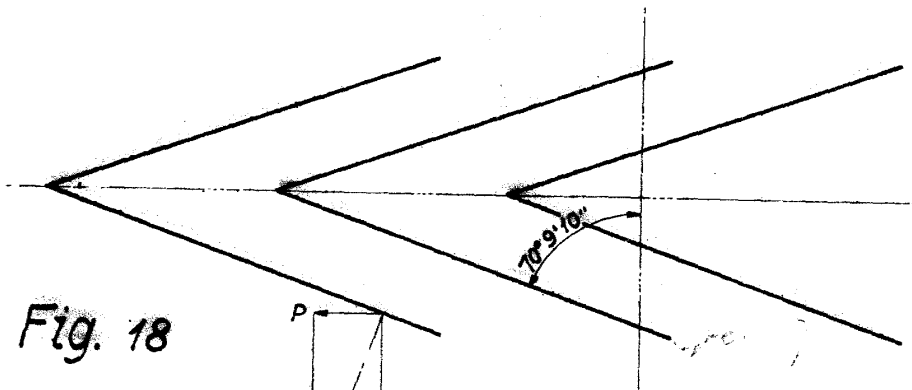


Fig. 18



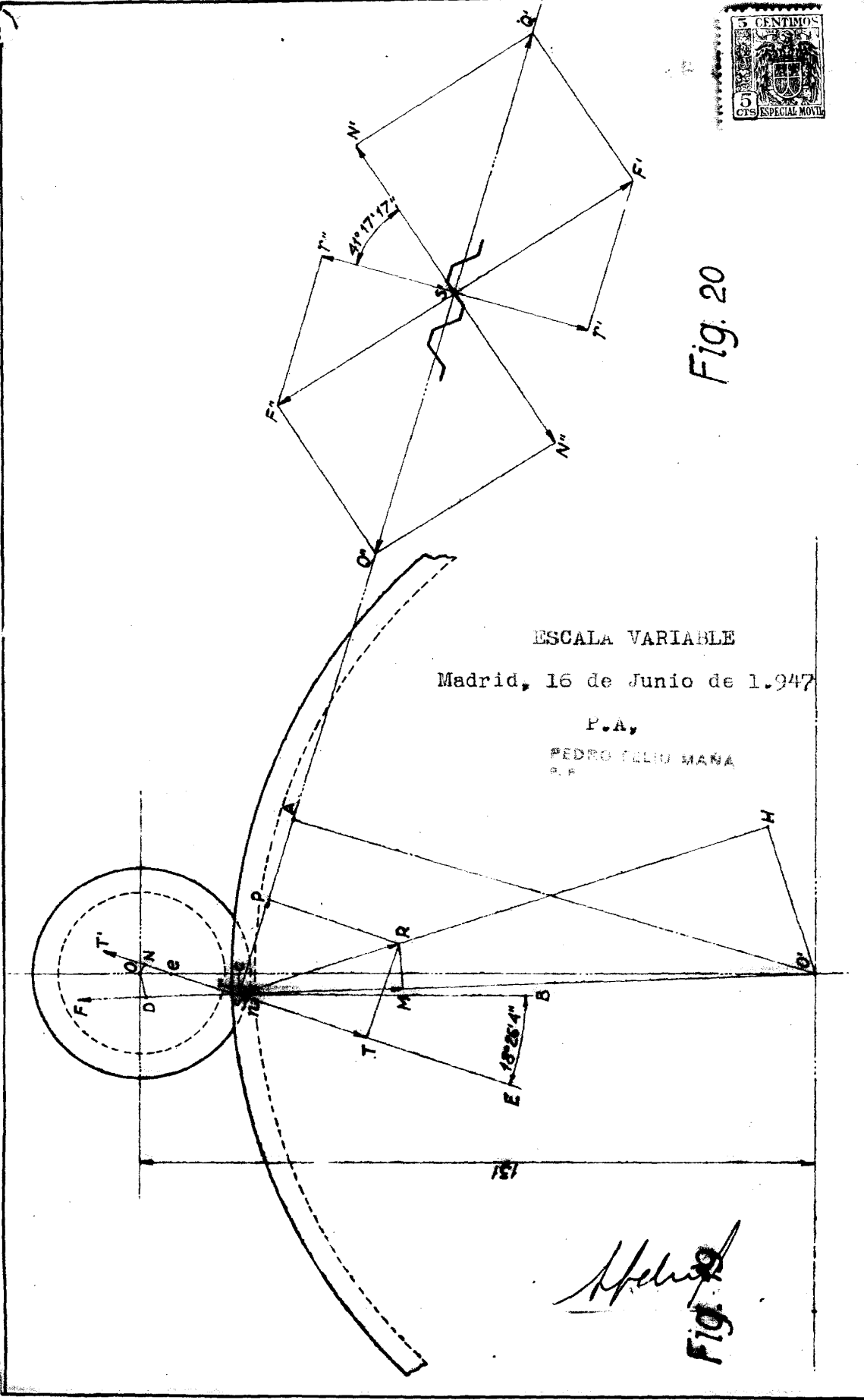
Fig. 20

ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 de Junio de 1.947

P.A.,

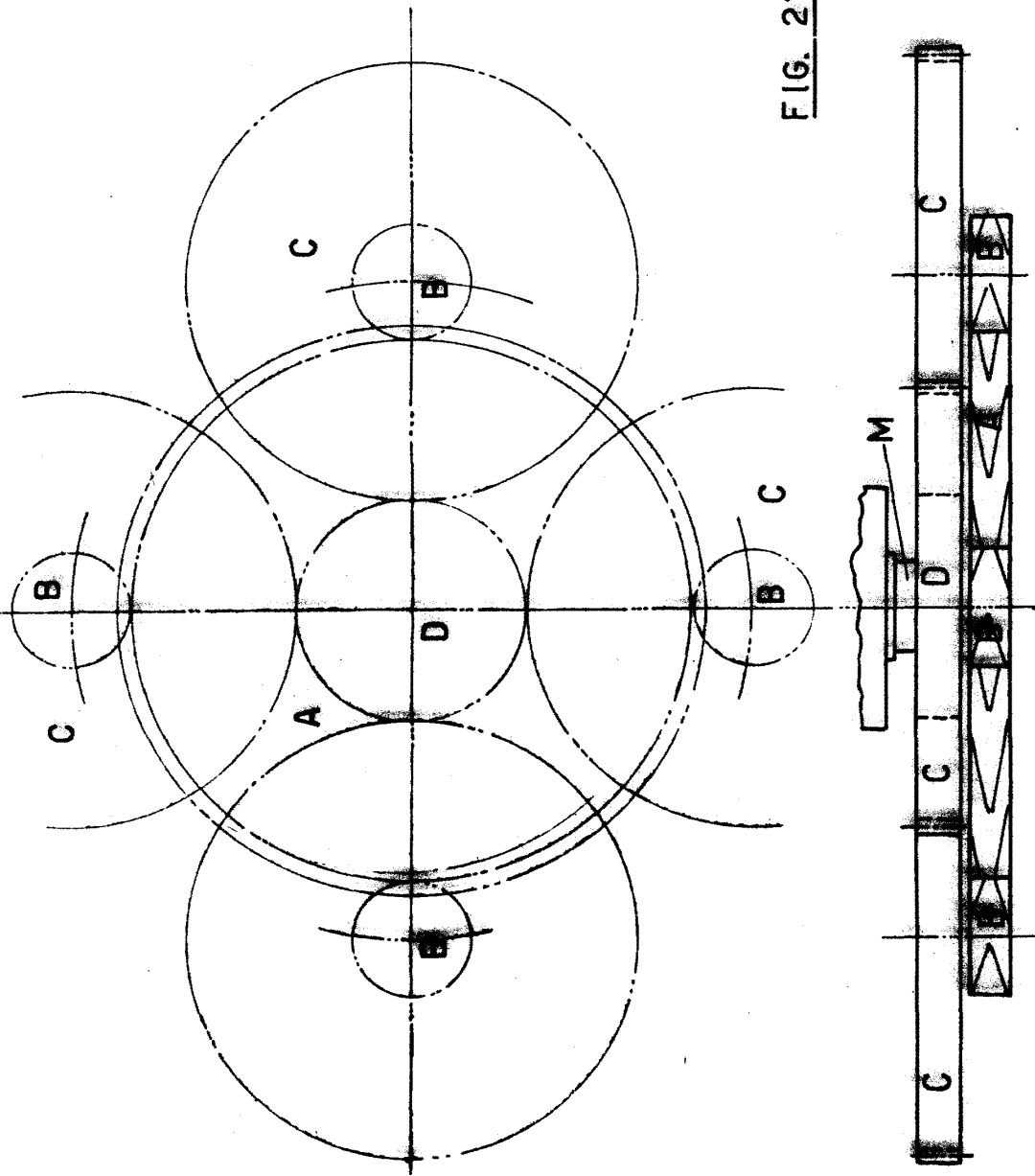
PEDRO FELIX MANA
P. E.



Manana
Fig. 20



FIG. 21



ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 de Junio de 1.947

P.A.,

SEBASTIAN MARA

Sebastián

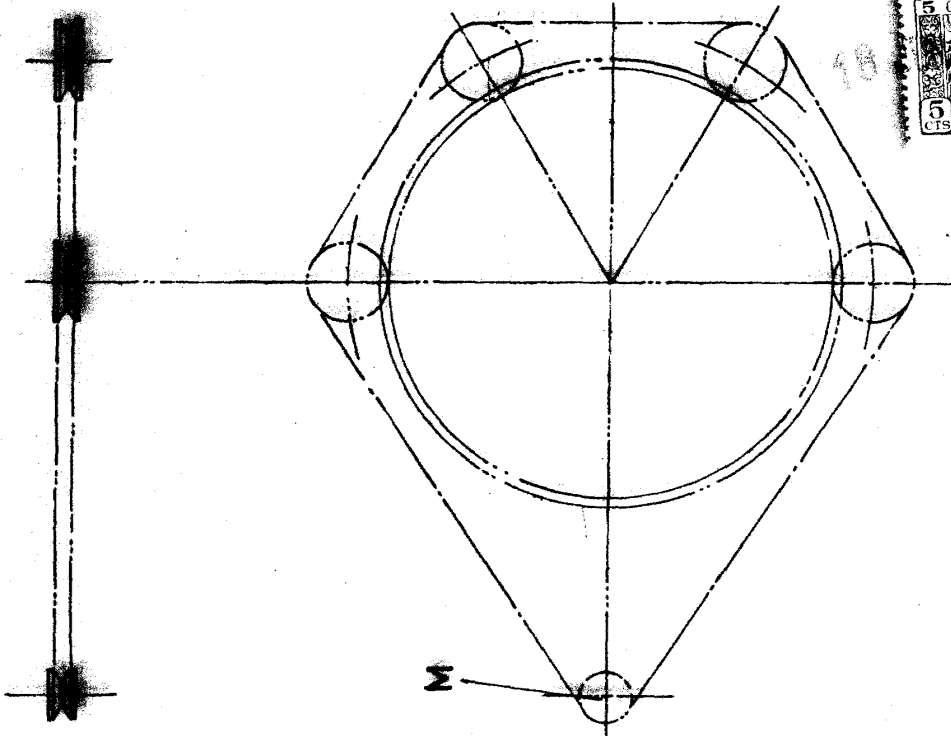


FIG. 22

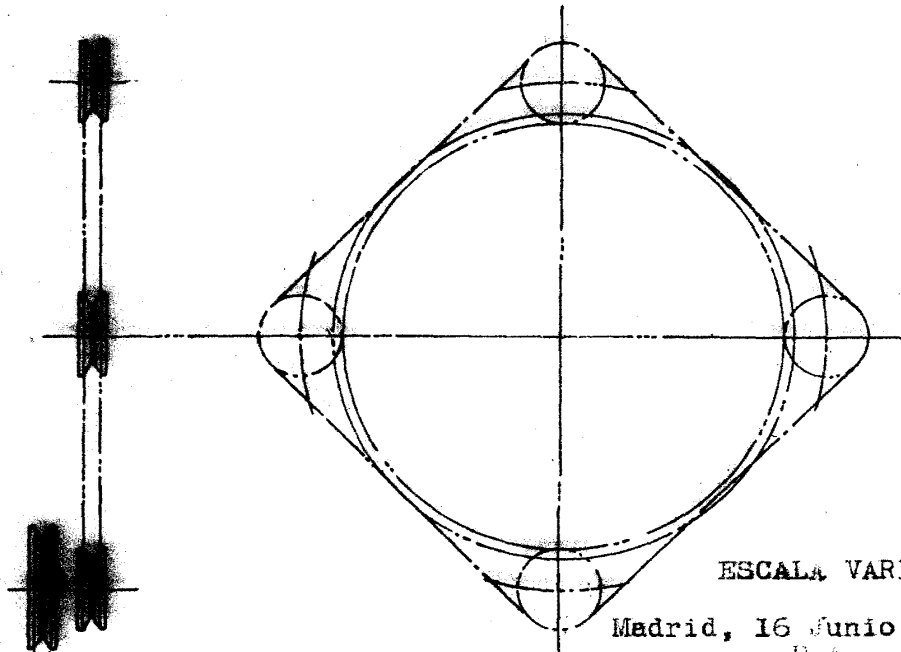


FIG. 23

ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 Junio de 1947
P.A.,

h. felicit