

Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario Universidad Nacional de

Construcción de Engranajes

4º Año

Taller de Mecánica I

Cód. 9401-19

Prof. Hernán Salazar
Prof. Ricardo Rossi



Dpto. de Formación Tecnológica

Masterización: RECURSOS PEDAGÓGICOS



Construcción de engranajes

Tallado de ruedas dentadas cilíndricas de dientes rectos y helicoidales con fresas discos



Engranajes cilíndricos de dientes rectos

Generalidades

Los engranajes o ruedas dentadas, permiten establecer la transmisión de movimiento entre dos ejes.

Esta transmisión se realiza mediante la presión que ejercen los dientes de una de las ruedas (motora) sobre los dientes de la otra (conducida), existiendo la posibilidad de que varios dientes estén en contacto entre si y la mantenga constante durante el movimiento.

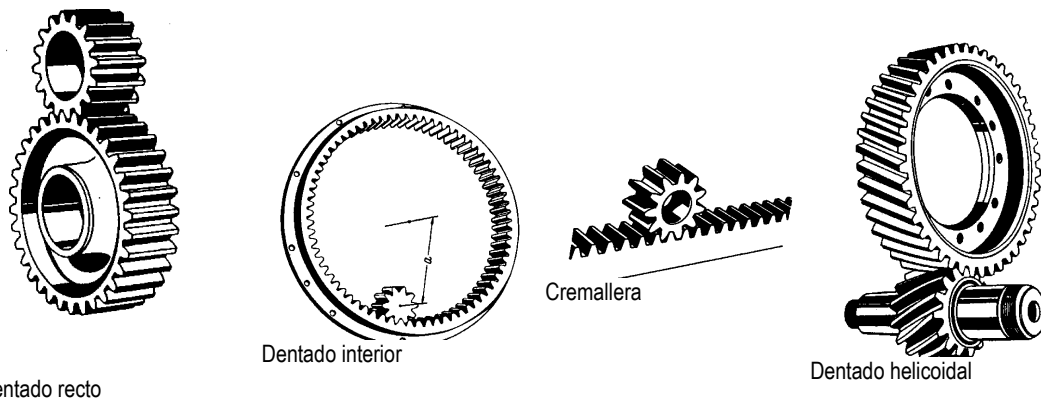
Para el diseño de un sistema de engranajes se necesita conocer:

- Distancia entre los ejes de las ruedas.
- RPM de la rueda motora o de la conducida.
- Relación de transmisión.
- Fuerza tangencial a transmitir.

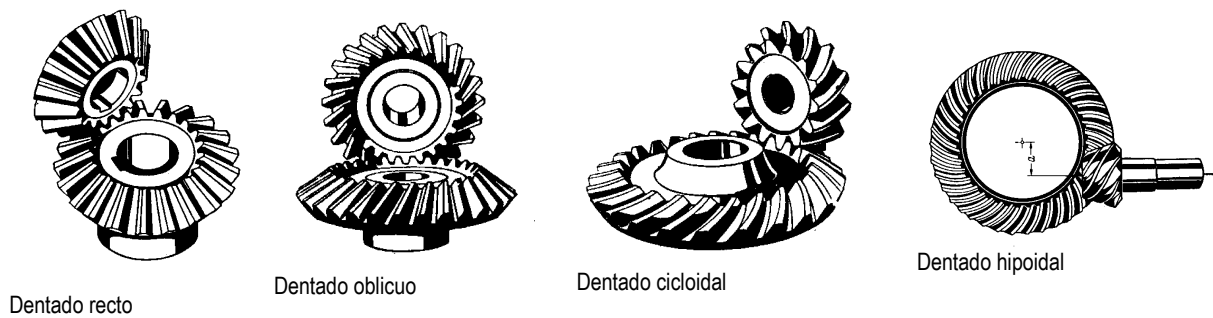
Sobre la base de estos datos, por medio de cálculos se deducirán los diámetros primitivos, los números de dientes de las ruedas conducida y motora, etc.. Siendo más simple en el caso de tener que construir un engranaje, para lo cual se suponen los cálculos anteriores realizados y solo se deberán tener en cuenta las relaciones entre las dimensiones del dentado.

La posición relativa de los ejes que se quieren relacionar por medio de las ruedas dentadas, nos dará la forma de la misma y de su dentado; sintetizamos los distintos casos en el siguiente cuadro.

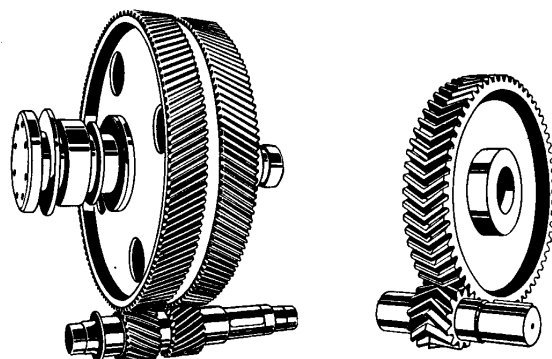
Posición de los ejes	Forma de la rueda	Forma del dentado
Paralelos	Cilíndrica	Rectos Helicoidales
Se cruzan	Cónicos	Rectos Hipoidales Cicloidales
Alabeados	Cilíndrica	Helicoidales (tornillo sin fin Corona helicoidal)



• Fig. 1 Distintos tipos de engranajes cilíndricos



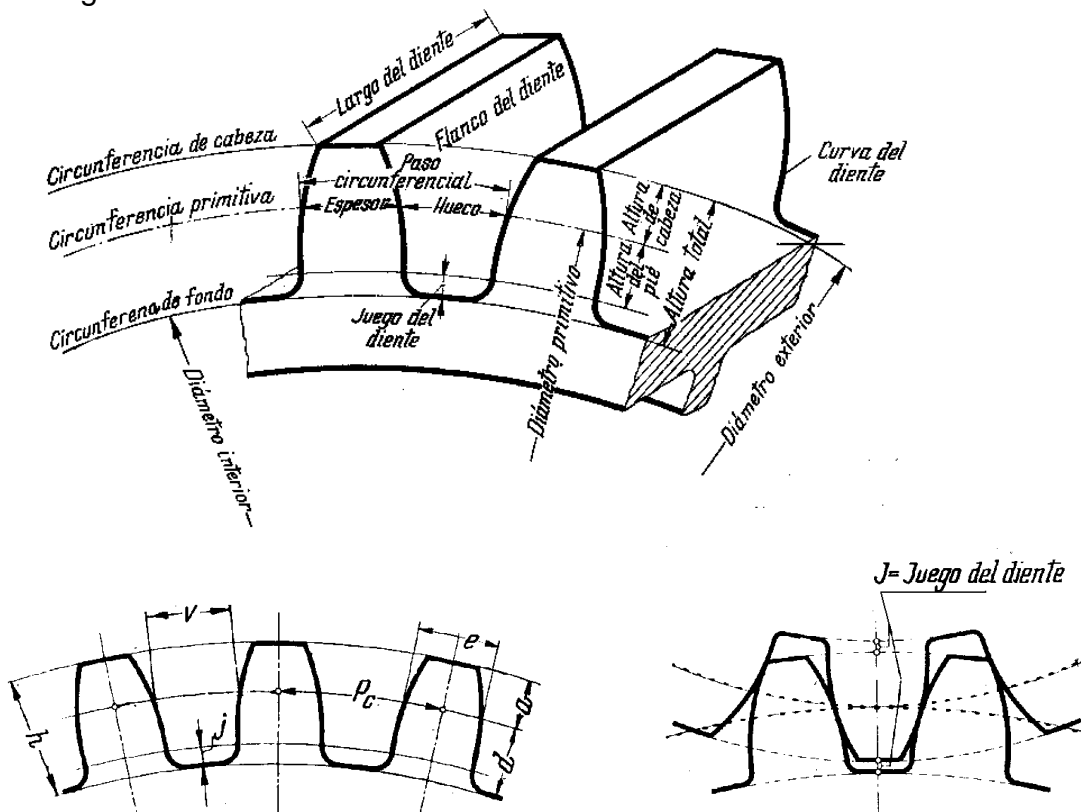
• Fig. 2 Distintos tipos de engranajes conicos



• Fig. 3 dentados especiales

Relaciones fundamentales

Cuando los dientes de la rueda se encuentran posicionados paralelamente con el eje de giro de la misma, se dice que los dientes son rectos. Los dientes de las ruedas dentadas o engranajes, tienen dimensiones que se relacionan entre si para poder tener un engrane correcto, las principales dimensiones se muestran en la Fig. 4.



• Fig. 4 Dimensiones generales de los dientes de un engranaje

Circunferencia primitiva (C_p): Es la circunferencia en donde se efectúa el contacto efectivo.

Diámetro primitivo (d_p): Diámetro de la circunferencia primitiva

Circunferencia de cabeza o exterior (C_e): Es la circunferencia que inscribe a todo el dentado del engranaje.

Diámetro exterior (d_e): Diámetro de la circunferencia exterior

Circunferencia de fondo o interior (C_i): Es la circunferencia en donde se apoya el dentado del engranaje

Diámetro interior (d_i): Diámetro de la circunferencia de fondo o interior.

Paso circunferencial (p): Es la distancia de dos puntos homólogos consecutivos, medido sobre la circunferencia primitiva, (arco de circunferencia).

Altura de cabeza de diente (h_1): Es la distancia radial entre C_p y C_e . (en la figura se indica como a).



Altura de base de diente (h_2): Es la distancia radial entre C_p y C_i (en la figura se indica como d).

Altura total de diente (h): Es la suma de h_1 y h_2 .

Juego del diente (j): Es el espacio necesario para que no exista intersección con la cabeza y la base del diente de dos ruedas dentadas que engranan entre sí.

Si multiplicamos el valor del paso circunferencial (p) por el número de dientes (z) obtenemos la circunferencia primitiva (C_p).

$$C_p = p \times z$$

Pero además:

$$C_p = D_p \times \pi$$

Por lo que:

$$D_p \times \pi = p \times z$$

En la relación anterior, z es un número entero y π es un número irracional por lo que:

$$p = \frac{D_p \times z}{\pi}$$

También resultará un número irracional, y como todas las dimensiones son funciones del paso, todas ellas también lo serán, por lo que para evitar esto se introduce el concepto de módulo (M), que es un valor proveniente del cálculo de diseño en función de la resistencia necesaria del diente, en donde para nosotros será igual a:

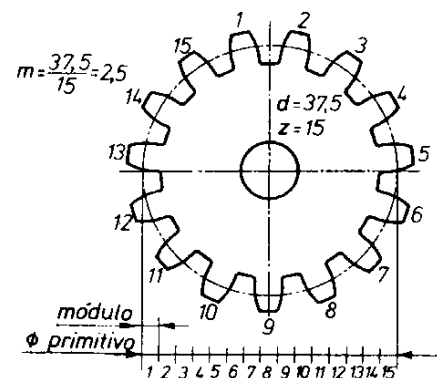
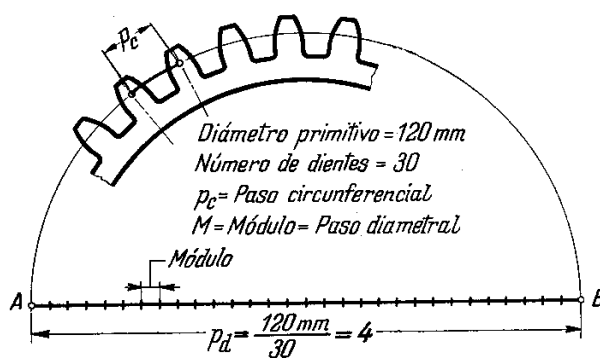
$$\frac{D_p \times \pi}{\pi} = \frac{p}{\pi} \times z$$

$$\frac{p}{\pi} = M \quad (\text{Módulo circunferencial})$$

$$D_p = M \times z$$

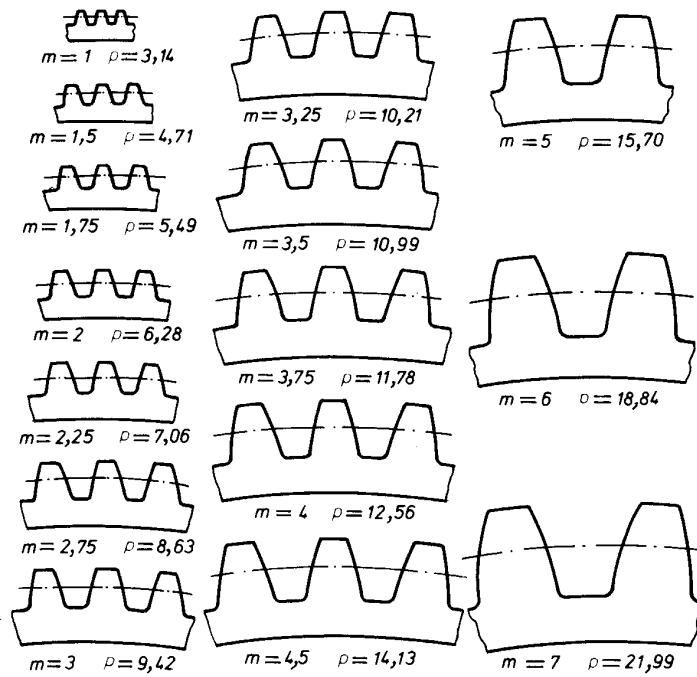
Por lo que:

$$M = \frac{D_p}{z}$$



• Fig. 5 Representación gráfica del módulo circunferencial (M)

Siendo el valor del módulo un parámetro indicativo del tamaño del diente como se ve en la Fig. 6



Resumiendo:

$$C_p = p \times z$$

$$C_p = D_p \times \pi$$

$$D_p \times \pi = p \times z$$

$$D_p = \frac{p}{\pi} \times z \quad , \quad \frac{p}{\pi} = M$$

$$D_p = M \times z$$

$$h_1 = M$$

$$h_2 = 1.16 \times M \quad , \quad j = 0.16 \times M$$

$$h = 2.16 \times M$$

$$D_e = D_p + 2 h_1$$

$$D_e = M \times z + 2M$$

$$D_e = M(z + 2)$$

$$D_i = D_p - 2 h_2$$

$$D_i = M \times z - 2.32 M$$

$$D_i = M(z - 2.32)$$

$$e = \frac{p}{2}$$

Fig. 6 Tamaño comparativo del diente en función del módulo

Construcción

Para la construcción o tallado del dentado de la rueda, con fresas discos o de módulo, se debe seleccionar de un juego de ocho herramientas la fresa adecuada según el número de dientes del engranaje a tallar. Como se ve en la Fig. 7 la forma de los dientes dependerá de la cantidad de los mismos que tenga la rueda.

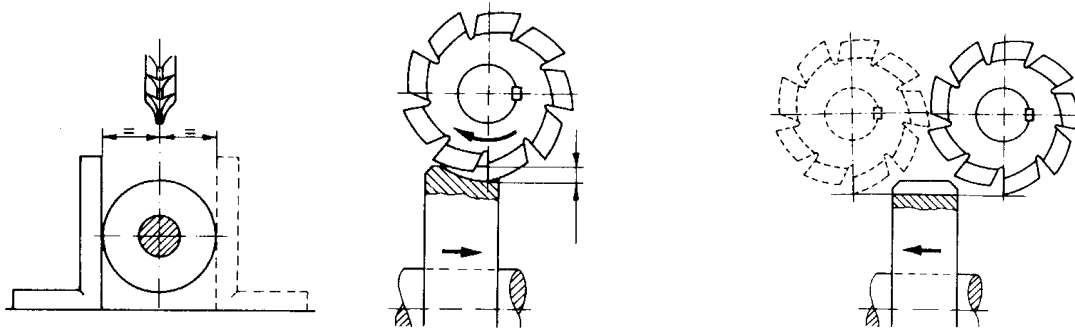
Cant. de dientes	Fresa a N°
12 - 13	1
14 - 16	2
17 - 20	3
21 - 25	4
26 - 34	5
35 - 54	6
55 - 134	7
135 - ∞	8





- Fig. 7 Selección de la herramienta y forma del dentado según la cantidad de dientes

Una vez elegida y montada la fresa correspondiente, esta se deberá centrar respecto del cilindro en el cual se tallarán los dientes (Fig. 8), para luego proceder a fresar cada uno de los vanos del engranaje, posteriormente, se gira utilizando el cabezal divisor.



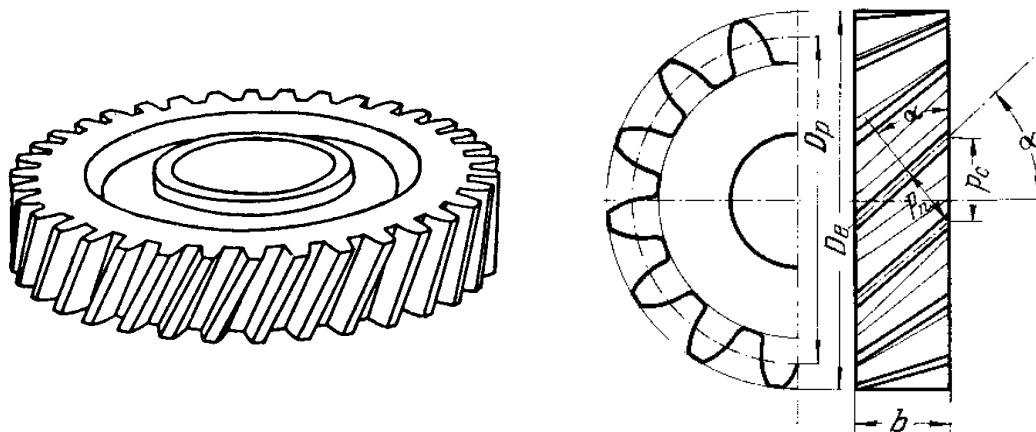
- Fig. 8 Centrado de la herramienta
- Fig. 9 Tallado del diente

Engranajes cilíndricos de dientes helicoidales

Las ruedas cilíndricas de dientes rectos presentan el inconveniente de que su línea de engrane es relativamente corta, con un par de o dos pares de dientes en contacto permanentemente. Esto ocasiona un andar ruidoso, debido al contacto brusco de los dientes.

Para evitar este contacto brusco se construyen los dientes en forma helicoidal logrando así que cada diente tenga un contacto progresivo a lo largo de su flanco.

Como resultado de esto se obtienen ruedas con menor cantidad de dientes, aumentando así la relación de transmisión, un funcionamiento más silencioso, pero por la geometría del diente se genera la descomposición de la fuerza tangencial que transmite en una normal y una axial, ocasionando esta última mayores desgastes en los cojinetes y en los flancos de los dientes ya que en los mismos el contacto y el resbalamiento son más prolongados e intensos por lo que se hace necesario que estos trabajen lubricados.



• Fig. 10 Dentado helicoidal - Paso normal y paso oblicuo

Relaciones fundamentales

Si desarrollamos la superficie cilíndrica primitiva de una rueda dentada helicoidal se tiene:

- Paso circular de la hélice (P_c): es el desarrollo normal de la circunferencia primitiva.

$$P_c = \pi D_p$$

- Paso axial de la hélice (P_a): es la altura que alcanza la hélice paralelamente al eje de la rueda.

$$P_a = P_c \operatorname{ctg} \alpha$$

- Paso normal de la hélice (P_n): Es la altura del triángulo formado por desarrollo de la hélice normal a esta.



$$P_n = P_c \cos \alpha$$

Si se considera una rueda formada por z dientes el paso del diente resultará::

$$p_o = \frac{P_c}{z} = \frac{D_p \times \pi}{z}$$

Este paso medido sobre la circunferencia primitiva recibe el nombre de paso circunferencia u oblicuo del diente.

De la Fig. 10 y 11 se deduce que:

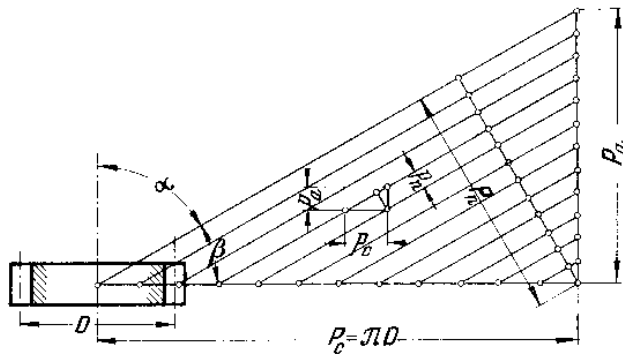
Paso normal p_n es:

$$p_n = p_o \times \cos \alpha$$

Como en el caso de las ruedas cilíndricas de dientes rectos se prefiere utilizar el concepto de módulo por lo que:

$$M_o = \frac{p_o}{\pi}, M_n = \frac{p_n}{\pi}$$

$$M_n = M_o \cos \alpha$$



• Fig. 11 Desarrollo del dentado helicoidal

Resumiendo:

$$C_p = p_o \times z$$

$$C_p = D_p \times \pi$$

$$D_p = \frac{p_o}{\pi} \times z, \frac{p_o}{\pi} = M_o$$

$$D_p = M_o \times z, D_p = \frac{M_n}{\cos \alpha} \times z$$

$$h_1 = M_n, h_2 = 1.16 M_n$$

$$h = 2.16 M_n$$

$$D_e = D_p + 2 h_1 = M_o \times z + 2 M_n$$

$$\frac{M_n}{\cos \alpha} z + 2 M_n$$

$$D_e = M_n \left(\frac{z}{\cos \alpha} + 2 \right)$$

$$D_i = D_p + 2 h_2 = M_o \times z + 2.32 M_n = \frac{M_n}{\cos \alpha} z + 2.32 M_n$$

$$D_i = M_n \left(\frac{z}{\cos \alpha} + 2.32 \right)$$

Construcción

Para la selección de la herramienta, no se tiene en cuenta el número de dientes real sino uno imaginario z_i

$$z_i = \frac{z}{\cos^3 \alpha}$$

Para poder tallar una hélice, a medida que avanza la pieza esta deberá girar, por lo que, es necesario unir el tornillo de la mesa de trabajo con el aparato divisor, a través de un sistema de engranaje como se ve en la Fig. 12

$$n_1 \times z_1 = n_2 \times z_2$$

Construcción de Engranajes

Taller de Mecánica

En donde:

n_1 : número de vueltas que gira el tornillo de la mesa

z_1 : número de dientes del engranaje del tornillo de la mesa.

n_2 : número de vueltas que gira la pieza.

z_2 : número de dientes del engranaje del cabezal divisor.

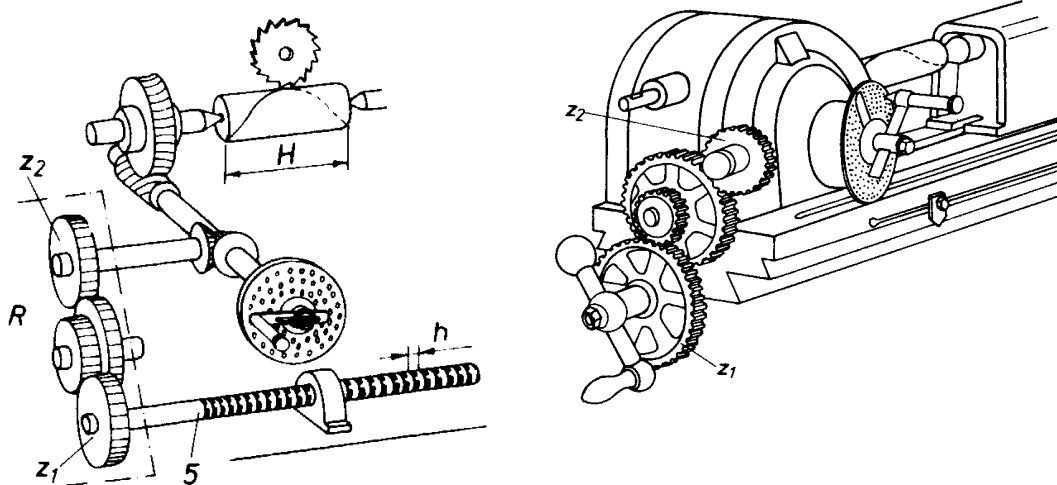
Para que la mesa se desplace una cantidad igual al paso de la hélice P_c (H en la fig.), si el paso del tornillo es h y, la pieza deberá girar una vuelta y el tornillo:

$$n_1 = \frac{P_c}{h}$$

Sustituyendo estos valores

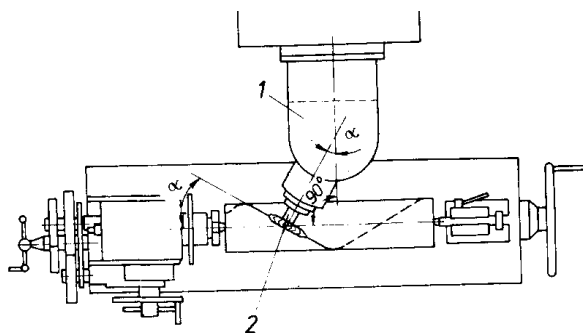
$$\frac{P_c}{h} \times z_1 = K \times z_2$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{K \times h}{P_c}$$



• Fig. 12 Tren de engranajes para tallado de hélices

Además para poder tallar la hélice se deberá inclinar el eje de la herramienta un ángulo α respecto al frente del engranaje Fig. 13, o bien se procederá a girar la mesa de trabajo..



1. Cabezal universal
 2. Eje de la herramienta
- α : Ángulo girado

• Fig. 13 Giro del cabezal universal

