

23

# ELHUYAR

---

R.S.V.A.P.-en Zientzi eraskina

---

ZUZENDARIA: *Luis Bandrés*

IDAZKARIA : *Andoni Sagarna*

HELBIDEA : *Garibay, 23 - 3º – Telf.: 42 99 45 - Donostia-12*

---

## ENGRANAIA HELIKOIDALAK

### I. ENGRANAIA HELIKOIDALAK. ABANTAILA ETA OZTOPOAK

Engranaia helikoidalak zilindrikoak dira; beren hortzak, sortzaileen norabideetan egon ordez, helizeen norabideetan daude. Transmisioa ardatz paraleloetan eragiteko erabil daitezke engranaia zuzenen ordez. Baina horretaz gainera, ardatz elkartzuten artean ere higidura transmiti dezakete.

Engranaia helikoidalek, engranaia zuzenekin konparatuz, ondoko abantaila hauek dituzte:

- a) Higiduraren transmisioa emekiago eta jarraian egiten da. Hori dela eta, abiadura handiagoak onartzen dituzte. Izan ere, hortz bat ez da ari aldi berean bere luzera osoz beste hortza ukitzen. Hortz batek bestea ukitzea progresiboki egiten da: hortzaren mutur batetan hasten da, eta erdi aldean jarraituz beste muturrean amaitzen.
- b) Engranaia helikoidalek ardatzen arteko distantzian perdoiren bat onartzen dute.
- c) Engranaiak lanean ari diren bitartean, hortzek izan ditzaketen akatsak etengabe zuzentzen dira.
- d) Bi hortz elkar ukituz dauden denbora, engranaia zuzenetan baino luzeagoa da.
- e) Hortz batek bestea ukitzeari, ondorengo beste bi hortz ukitzen hasi baino lehen ez dio uzten. Baldintza hau bete dadin honako erlazioa bete behar da:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{p'}{l}$$

$\alpha$  = helizearen angelua

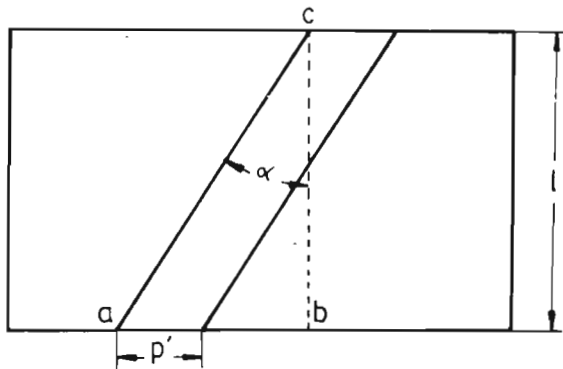
$p'$  = itxurazko hortz-neurria

$l$  = engranaiaaren zabalera

Lehen irudian ikusten denez:

$$p' \leq ab = l \operatorname{tg} \alpha \quad \text{eta} \quad \operatorname{tg} \alpha \leq \frac{p'}{l}$$

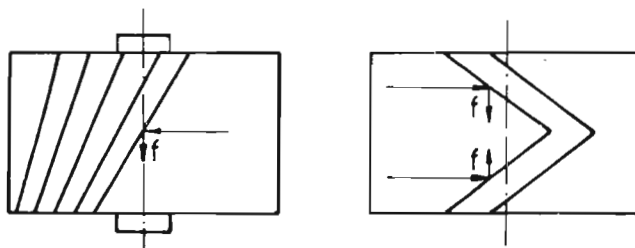
- f) Engranaia helikoidaletan, abiadura-erlazioa eta ardatz arteko distantzia ezagunak eta aldaezinak direnean, modulua aldatu egin daiteke araututako balio batetaraino.



1. IRUDIA

Hala ere, engranaia helikoidalek badituzte beren oztopoak. Hona hemen batzuk:

- Biraketa-norantza aldatzen denean, engranaia helikoidaletan zuzen-tan baino erreakzio bortitzagoak sortzen dira.
- Engranaia helikoidaletan ardatzerako bultzada dago. Bultzada hau (2.irudian ikusten denez) helizearen inklinazio-angeluaren arabera hazten da. V formako engranaia helikoidaletan, ordea, bultzada hau ezabatu egiten da "f" indarrak berdinak eta aurkako norantzakoak direlako.



2. IRUDIA

c) Engranaia helikoidalaren errendimendua, zuzenena baino txikiagoa da.

## II. ARDATZEN ETA HORTZEN ARTEKO ANGELUEN ERLAZIOA

Engranaia helikoidalaren angelua, bere helizearen inklinazio-angelua da (ikus 1. irud.). Helizearen tangenteak eta zilindroaren ardatzak osatzen dute.

Modulu zuzen berdineko engranaia guztiek engranatzten dute elkarrekin. Baina helizeen inklinazio-angelua gogoan izanik, ondoko printzipio orokorra adieraz daiteke:

Bi engranaia helikoidalaren ardatzek espazioan osatzen duten angelua, bi engranaien angelu-batuketaren berdina da.

Beraz, ardatzek osatzen duten angelua  $\theta$  baldin bada eta bi engranaien angeluak  $\alpha$  eta  $\alpha'$  baldin badira:

$$\theta = \alpha + \alpha'$$

### A) Engranaien ardatzak paralelo direnean

Engranaien ardatzak paraleloak baldin badira, angeluaren balioa  $0^\circ$  ala  $180^\circ$  izango da.

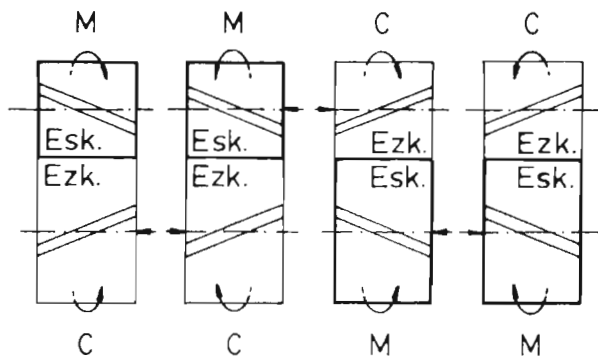
Beraz,

$$\begin{aligned} 0^\circ &= \alpha + \alpha'; \alpha = -\alpha' \\ 180^\circ &= \alpha + \alpha'; \alpha = 180^\circ - \alpha' \end{aligned}$$

Eta honek zera esan nahi du: bi engranaietako hortzek inklinazio berdina eta aurkako norantzakoa dutela. Beraz, engranaia batetan hortzak helize-

forman eskuinetara tailatuta egongo dira, eta beste engranaian ezkerretara. Engranaia ren biraketa-ardatza horizontal dagoelarik helizea eskuinetik ezkerretera ateratzen denean, helizea eskuinetara inklinatua dagoela esaten da. Eta alderantziz, ezkerretatik eskuinetara ateratzen denean, helizea ezkerretara inklinatua dagoela esaten da.

3. irudian engranaia zilindriko helikoidaletan ardatzak paralelo dituztelarik egon daitezkeen kasuak agertzen dira.



3. IRUDIA

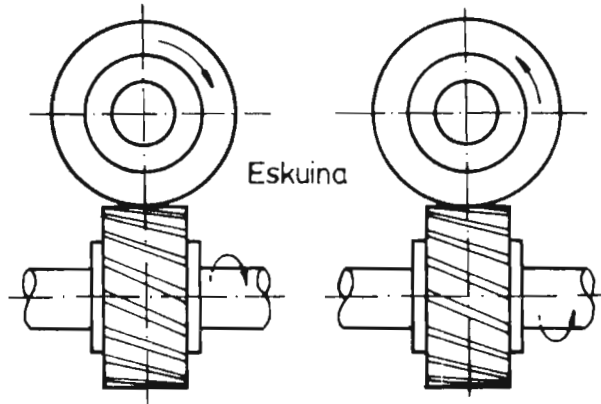
“M” letraz dauden engranaiak eragileak dira. “C” letraz daudenak, berriz, eraginak. Ardatzetan dauden geziek, hortzen presioak sortutako ardatzerako bultzada adierazten dute.

## B) Engranaien ardatzak elkartutak direnean

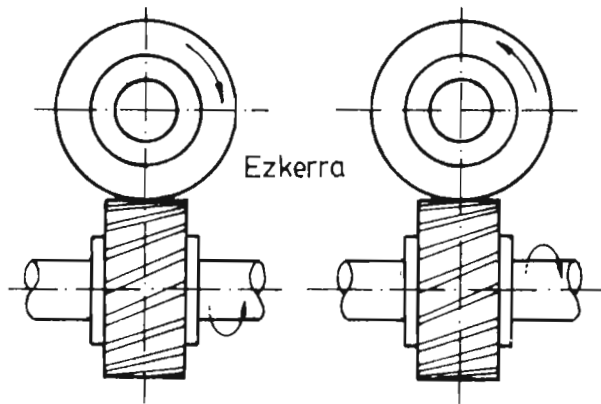
Lehen esan dugunez,  $\theta = \alpha + \alpha'$ . Beraz  $90^\circ = \alpha + \alpha'$  eta  $\alpha = 90^\circ - \alpha'$ . Beraz, bi engraneen inklinazio-angeluak osagarriak dira. Angeluek, balio desberdina eta norantza berdina dituzte.

$\alpha = 45^\circ$  deneko kasuan, bi engraneen angelu eta norantzak berdinak dira.

Helizeen norabidea engraneen biraketa-norantzaren araberakoa da. Ardatzen biraketa-norantza ezaguna denean, bi gurpilen geziak norantza berdinekoak baldin badira, helizea eskuina dela esaten da (ik. 4. irud.). Baina geziak aurkako norantzakoak baldin badira, helizeak ezkerrek izango dira (ikus. 5. irudia).



4. IRUDIA



5. IRUDIA

### III. MODULUZKO ENGRANAIA HELIKOIDALAK

Edozein engranaia helikoidaletan, hiru alderdi desberdin azertu behar dira: Hortz-neurri zuzena edo egiazkoa, itxurazko hortz-neurria edo zirkularra eta ardatzerako hortz-neurria.

Hortz-neurri zuzena, XX' plano elkartuztean neurtutako ondoz-ondoko bi helizeen arteko distantzia da (iks. 6. irudia). ABC triangeluan:

$$BC = AC_x \cos ACB$$

$$\begin{aligned} BC &= P_n = \text{Hortz-neurri zuzena} \\ AC &= P_a = \text{Itxurazko hortz-neurria} \\ \cos ACB &= \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\text{Eta hortik, } P_n = P_a \cos \alpha$$

Itxurazko hortz-neurria edo zirkularra engranaia helikoidal batetan yy' planoaren arabera jatorrizko zirkunferentzian elkarren ondoko bi hortzen artean dagoen distantzia da. YY' plano, berriz, biraketa-ardatzarekiko elkartuta da. Ikus 6. irud.

$$\text{Lehengo formula hartuta: } P_n = P_a \cdot \cos \alpha; \quad P_a = \frac{P_n}{\cos \alpha}$$

Ardatzerako hortz-neurria, engranaia helikoidalean, ardatza hartzen duen planoan neurtutako ondok-ondoko bi hortzen antzeko puntutan dagoen distantziak erabakitzen du. 6. irudiko DEF triangeluan, hau gertatzen da:

$$DE = \frac{DF}{\text{tg DEF}}; \quad DE = P_{ax}; \quad DE = P_a; \quad \text{DEF} = \alpha$$

Beraz,

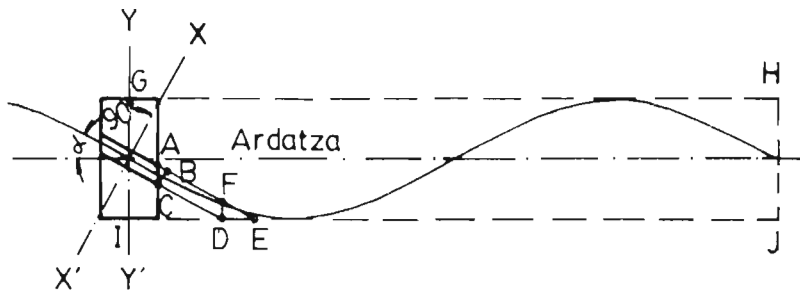
$$P_{ax} = \frac{P_a}{\text{tg } \alpha}$$

#### IV. ENGRANERAREN ANGELUA. MODULU ZUZENA. ITXURAZKO MODULUA

Engranearen  $\alpha$  angelua, helizeak sortzailearekiko osatzen duena da. Angelu hau jatorrizko zilindroarengan neurtzen da, eta ez kanpo-zilindroarengan.

Modulu zuzena edo egiazkoa, hortz-neurri zuzenari dagokiona da. Hau da modurik garrantzitsuena. Engranea tailatzeko fresa ere modulu honen arabera izaten da. Dena dela modulu honen balioa araututakoren bat izatea gomendatzen da beti.

$$\text{Modulu zuzenari } M_n \text{ deitzen badiogu; } P_n = \pi M_n = \frac{P_n}{\pi}$$



6. IRUDIA. Helizearen garapena

Itxurazko modulua edo zirkularra, itxurazko hertz-neurriari (YY' planoari alegia) dagokiona da (ik. 6. irudia).

Itxurazko moduluari  $M_a$  deitzen baldin badiogu;  $P_a = \pi \cdot M_a$  eta hortik,  

$$\mu_a = \frac{P_a}{\pi}$$

Baina,  $M_n = \frac{P_n}{\pi} = \frac{P_a \cos \alpha}{\pi} = M_a \cdot \cos \alpha$  eta  $M_a = \frac{M_n}{\cos \alpha}$

## V. DIAMETROEN KALKULUA

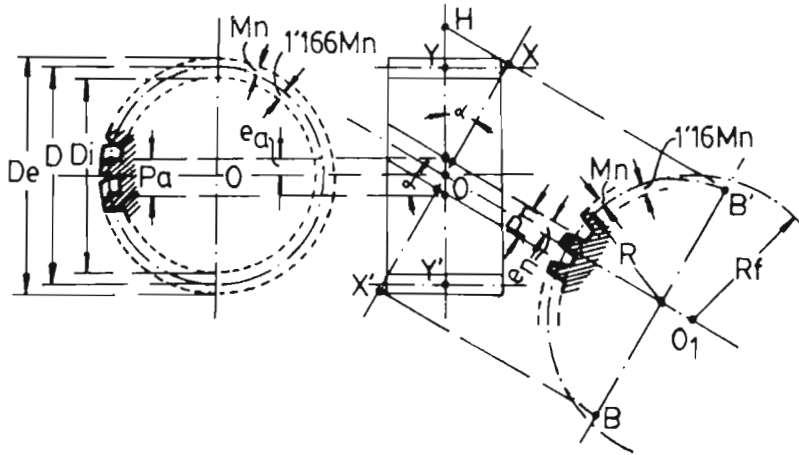
Engranaia helikoidalaren elementu desberdinak kalkulatzeko bi plano desberdinetan aztertu behar dira: 7. irudian agertzen diren XX' eta YY' planoetan.

YY' ebakidura, jatorrizko diametroa duen zirkunferentzia da. Plano hone-tan aurkitzen dira kanpo-diametroa eta barne-diametroa.

Jatorrizko zirkunferentziaren luzera C baldin bada, eta D bere diametroa, hertz-kopurua z izanik, ondoko ekuazioa izango dugu:

$$C = \pi \cdot D = P_a \times Z; \quad D = \frac{P_a}{\pi} \times Z = M_a \times Z$$

$$Z = \frac{D}{M_a} = \frac{D}{M_n / \cos \alpha} = \frac{D \cdot \cos \alpha}{M_n}; \quad D = \frac{M_n \times Z}{\cos \alpha}$$



7. IRUDIA

Kanpo-diametroa  $D_e$  eta barne-diametroa  $D_i$  izanik, engranaia zuzenetan gertatua aplikatuz (ikus Elhuyar 19. zenbakia):

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

$$D_i = D - 2 \times 1,25 M_n = \frac{M_n \times Z}{\cos \alpha} - 2,5 M_n \left( \frac{Z}{\cos \alpha} - 2,5 \right)$$

XX', helizearekiko elkartut den planoaren ebakidura elipsea da. Elipsearen ardatz txikia konstantea da; jatorrizko diametroaren balio berdinekoa. Hortzak marratzen diren elipse-arkuaren ordez, kurbadura-erradio berdineko zirkulu-arkua ipin daiteke.

7. irudiko OYX triangeluan, hau gertatzen da:

$$OY = OX \cdot \cos \alpha \quad ; \quad OX = \frac{OY}{\cos \alpha} = \frac{D}{2 \cos \alpha}$$

Eta OXH triangeluan,

$$OX = OH \cdot \cos \alpha$$



Beraz:

$$\frac{D}{2 \cos \alpha} = OH \cdot \cos \alpha \quad \text{eta} \quad OH = R_f = \frac{D}{2 \cos^2 \alpha} = \frac{R}{\cos^2 \alpha}$$

Eta hau da jatorrizko diametro eta erradioaren arabeko kurbadura-erradio idealaren balioa.

Alegiako  $Z_f$  hortz-kopurua elipse horri dagokiona da, eta honela lortuko dugu:

$$R_f = \frac{d}{2 \cos^2 \alpha} = \frac{\frac{M_n Z}{\cos \alpha}}{2 \cos^2 \alpha} = \frac{M_n Z}{2 \cos^3 \alpha}$$

Eta

$$D_f = 2 R_f = 2 \frac{M_n Z}{2 \cos^3 \alpha} = \frac{M_n Z}{\cos^3 \alpha}$$

Beraz,

$$D_f = M_n Z_f \quad ; \quad Z_f = \frac{D_f}{M_n} = \frac{M_n Z}{M_n \cos^3 \alpha} = \frac{Z}{\cos^3 \alpha}$$

Formula honen bidez, hortz-kopurua jakinez gero, alegiazko hortz-kopurua ezagut daiteke.

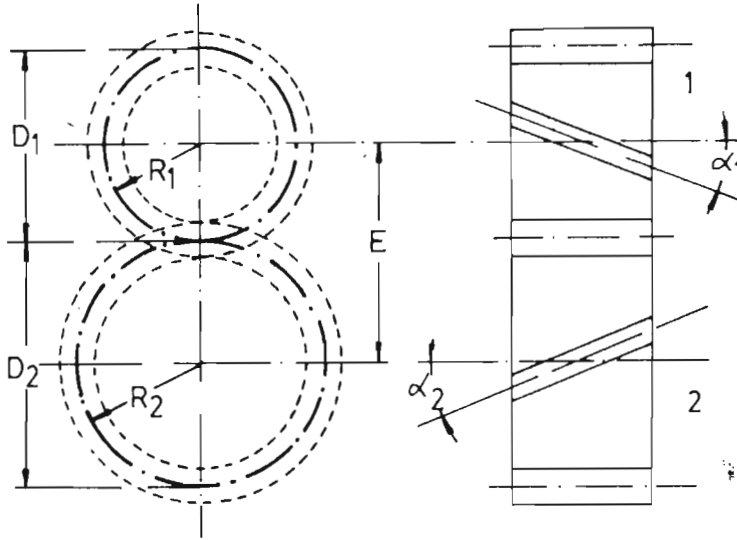
Helizearen  $P_h$  hari-neurria hau izango da:

$$P_h = P_{ax} \cdot Z = \frac{P_a}{\operatorname{tg} \alpha} \times Z = P_a \times Z \times \operatorname{cotg} \alpha = \times D \times \operatorname{cotg} \alpha$$

## VI. ZENTRUEN ARTEKO DISTANTZIA

Bi engranaia helikoidalen zentruen arteko distantzia ezagutzeko modulu zuzena, angeluak eta engrane bakoitzaren hortz-kopurua jakin behar dira. 8. irudian, elkarrekin engranatzan duten 1 eta 2 engrane helikoidalak daude eta:

$$E = R_1 + R_2 = \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2} = \frac{D_1 + D_2}{2}$$



8. IRUDIA. Ardatz arteko distantzia

Eta ekuazio honetan jatorrizko diametroen balioak ipinita:

$$E = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{\frac{M_n Z_1}{\cos \alpha_1} + \frac{M_n Z_2}{\cos \alpha_2}}{2} = \frac{M_n Z_1}{2 \cos \alpha_1} + \frac{M_n Z_2}{2 \cos \alpha_2} + \frac{M_n}{2} \left( \frac{Z_1}{\cos \alpha_1} + \frac{Z_2}{\cos \alpha_2} \right)$$

Modulu zuzena berdina dute bi engraneek, bestela ez bait lukete elkarrekin engranatuko.

Jatorrizko erradioen erlazioa diametroenaren berdina da:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{\frac{M_n Z_1}{\cos \alpha_1}}{\frac{M_n Z_2}{\cos \alpha_2}} = \frac{Z_1 \cdot \cos \alpha_2}{Z_2 \cdot \cos \alpha_1}$$

Erradioen erlazio honetan, engrane bakoitzaren abiadura angeluarra ( $n_1$  eta  $n_2$  bira/min.) ipin ditzakegu.

Lehendik dakigunez:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Beraz:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{n_2 \cdot \cos \alpha_2}{n_1 \cdot \cos \alpha_1}$$

Bi angeluak ( $\alpha_1$  eta  $\alpha_2$ ) berdinak direnean engraneen ardatzak paraleloak dira, eta ondoko ekuazio hauek betetzen dira:

$$E = \frac{M_n}{2 \cos \alpha} \cdot (Z_1 + Z_2) \quad ; \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{eta} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

*IÑAKI AZKUNE*

## HIZTEGIA

alegiatzko = ficticio  
ardatzerako hortz-neurri = paso axial entre dientes  
barne-diametro = diámetro interior  
biraketa-ardatz = eje de giro  
biraketa-norantza = sentido de giro  
engranaia eragile = engranaje conductor  
engranaia eragin = engranaje conducido  
eskuinetara = a derechas  
ezkerretara = a izquierdas  
garapen = desarrollo  
gezi = flecha  
hari-neurri = paso (de rosca)  
higidura = movimiento  
hortz-kopuru = número de dientes  
hortz-neurri zuzen = paso recto entre dientes  
itxurazko hortz-neurri = paso aparente entre dientes  
itxurazko modulu = módulo aparente  
jarrai = continuo  
jatorrizko diametro = diámetro primitivo  
jatorrizko zilindro = cilindro primitivo  
jatorrizko zirkunferentzia = circunferencia primitiva  
kanpo-diametro = diámetro exterior  
kanpo-zilindro = cilindro exterior  
modulu zuzen = módulo recto  
norabide = dirección  
norantza = sentido  
ondo-ondoko = consecutivo  
osagarri = complementario  
perdoi = tolerancia  
sortzaile = generatriz