## 5 teorías de rotura

1- Máxima tensión corte (GUEST):

$$\frac{\sigma_T}{C_s} = \sigma_{adm} \geq \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\ \tau_{xy}^2}$$

2- Máxima tensión normal:

$$\frac{\sigma_{RT}}{C_s} = \sigma_{adm} \geq \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\ \tau_{xy}^2}$$

3- Deformaciones principales:

$$\frac{\sigma_{RT}}{C_s}; \frac{\sigma_{RC}}{C_s} = \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{adm} \geq (\sigma_x - \sigma_y)\left(\frac{1-\mu}{2}\right) \pm \frac{1+\mu}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\ \tau_{xy}^2}$$

4- Energía deformación

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{Cs} \geq \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2\mu\sigma_x\sigma_y + 2(1+\mu)\tau_{xy}^2}$$

5- Energía distorión:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{Cs} \geq \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

(1,4,5 → material dúctil) (2,3 → material frágil)

**NOMENCLATURA**

| | |
|---|---|
| $\sigma_T$ | tensión tracción |
| $\sigma_C$ | tensión compresión |
| $\sigma_f$ | tensión fluencia |
| $\sigma_{adm}$ | tensión admisible |
| $Cs$ | Coeficiente de seguridad |

## Deformaciones

$$e = \frac{l - l_0}{l_0}$$

- $e$ = alargamiento especifico.
- $l$ = longitud "final"
- $l_0$ = longitud inicial

$$\sigma = E\ e$$

**Para deformaciones producidas por torsión**

$$\tau_{xy} = G\ \gamma \qquad G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

- $\tau$ = tensión tangencial
- $\gamma$ = angulo distorsión
- $l_0$ = longitud inicial

## Cargas dinámicas

**Solicitud dinámica axial**

$$\delta = \delta_{est}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g\ \delta_{est}}}\right)$$

- $\delta_{est}$ alargamiento estático
- $v$ velocidad
- $g$ gravedad

$$\sigma_{din} = \sigma_{est}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2\ h}{\delta_{est}}}\right)$$

- $\sigma_{est/din}$ tensión estatica/dinamica
- $h$ altura

## Tensiones variables

**Consideraciónes/Recordatorios**

Esto aplica para cilindros

$$\tau_{max} = \frac{MT}{Wp} = \frac{MT\ 16}{\pi\ D^3}$$

$$\sigma_{max} = \frac{MF}{Wr} = \frac{MF\ 32}{\pi D^3}$$

$\tau_f = 0{,}6\ \sigma_f$ y tambien $\tau_R = 0{,}6\ \sigma_R$

$\sigma_{\mathbf{wb}}$ para distintos materiales

| | |
|---|---|
| Aceros | $0.4\ /\ 0.5\ \sigma_R \leq 140 Kg/mm^2$ |
| | $70\ kg/mm^2$ si$\sigma_R \geq 140 Kg/mm^2$ |
| Fundición | $0.4\ \sigma_R$ |
| Al y Mg | $0.3\ /0.4\sigma_R$ |

Tension media

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

tension alternada

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_a$$

Criterio Soderberg

$$Cs = \frac{\sigma_f}{\sigma_m + \sigma_a * K_f * \frac{\sigma_f}{\sigma_w^*}}$$

$$Cs = \frac{\tau_f}{\tau_m + \tau_a * K_f * \frac{\tau_f}{\tau_w^*}}$$

**Factores de concentración**

$K_t = \frac{\sigma_{máx}}{\sigma_{nominal}}$, sale de ábaco.

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1)$$

- $q$ Indice de entalladura → Syrson
- $K_t$ factor geométrico
- $K_f$ factor geométrico,tamaño absoluto.

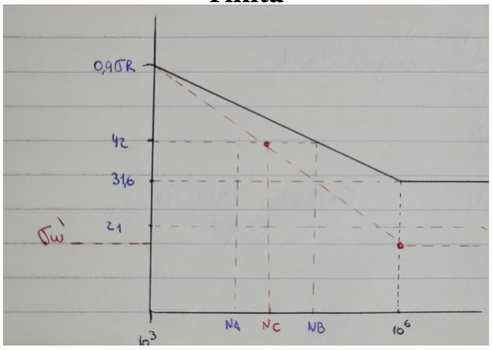
**Coef. seguridad**

| Cond. Estática | Cond. Fatíga |
|---|---|
| $Cs = \frac{\sigma_f}{\sigma_{máx}} = \frac{\sigma_f}{\sigma_m + \sigma_a}$ | $Cs = \frac{\sigma_w^*}{\sigma_a * K_f}$ |

$K_f$ solo si hay concentración

**VIDA**

**Finita**




Condicionando cantidad de RPMs/ciclos

$$m = \frac{1}{3} log_{10}\left(\frac{0{,}9\sigma_R}{\sigma_w}\right) \qquad b = log_{10}\left(\frac{0{,}9\sigma_R^2}{\sigma_w}\right)$$

$$\sigma_{wN} = \left[\frac{10^b}{N_{(RPM)}^m}\right] \qquad N_{(RPM)} = \sqrt[m]{\frac{10^b}{\sigma_{wN}}}$$

$$CL = \frac{\sigma_{wN}}{\sigma_w}$$

Vida restante en caso de sobrecarga

$$m = \frac{1}{3} log_{10}\left(\frac{0{,}9\sigma_R}{\sigma_w^*}\right) \qquad b = log_{10}\left(\frac{0{,}9\sigma_R^2}{\sigma_w^*}\right)$$

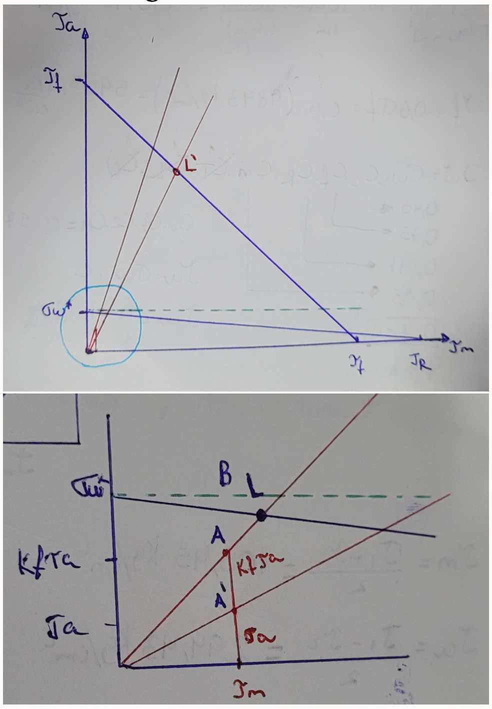
$$Nb_{(RPM)} = \left[\frac{10^b}{\sigma_N}\right]^{\frac{1}{m}} \qquad Nc \ = \ Nb \ - \ Na$$

la nueva tension: $\sigma_w' = \left[\frac{10^{b'}}{N_{(RPM)}^{m'}}\right]$

$$m' = \frac{log_{10}(0{,}9\sigma_R) - log_{10}(\sigma_N)}{log_{10}Nc - log_{10}10^3}$$

$$b' = log_{10}(0{,}9\sigma_R) + m' \ (log_{10}10^3)$$

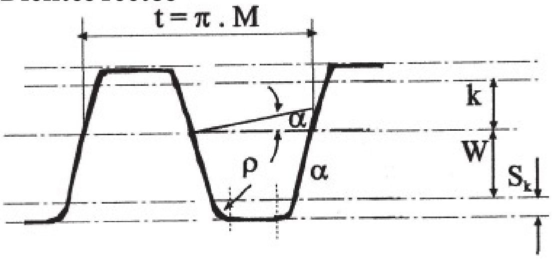
**Diagrama de Goodman**




| | | |
|---|---|---|
| Soderberg | Cs | $\frac{OL}{OA}$ |
| Elastico | Cs | $\frac{OL'}{OA'}$ |
| Fatiga | Cs | $\frac{O'B}{O'A}$ |

## ENGRANAJES

### Dientes rectos




| | |
|---|---|
| Altura diente | $k+W$ |
| | $\rightarrow\ De = Di + 2h = Dp + 2k$ |
| Altura de cabeza (k) | $k = M$ o $K = 0{,}8M$ |
| Raíz (w) | $w = 1{,}166M$ |
| Juego de cabeza | $S_k = W - k$ |
| Relación de transmisión | $i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{Dp_1}{Dp_2}$ |
| Paso del dentado | $z\ t = \pi\ Dp \rightarrow Dp = \frac{t}{\pi\ z} = \frac{M}{\pi}$ |

***Módulo del dentado:***

| | |
|---|---|
| Métrico / alemán | $M(mm) = \frac{t(mm)}{\pi} = \frac{Dp(mm)}{z}$ |
| Diamteral pitch | $P"(\frac{1}{pulg}) = \frac{\pi}{t(")} = \frac{z}{Dp(")}$ |

***Para el dimensionamiento (piñon):***

•Entre centro:$= \frac{dp_1+dp_2}{2} = \frac{Mz_1+Mz_2}{2} = \frac{M}{2}(z_1+z_2)$

•No exceder la relación $\frac{b}{M}$ y $\frac{b}{D_p}$ de los siguientes valores:

| | | |
|---|---|---|
| $\frac{b}{M}$ | =6 | p. dientes de Fundición bruto |
| | =10 | p. apoyos ordinarios |
| | =15-28 | p. buenos apoyos apoyos en cajas de engranajes |
| $\frac{b}{D_p}$ | =0.5-2.5 | |

•desgaste- Buckingham: $P_t \leq F_w$
*(Carga transmitida $P_t$, la fuerza)*

$$\begin{cases} F_w = Dp\ b\ \lambda\ C_z\ \dfrac{C_L c_\psi C_v}{C_s} \\ P_t = 71620 \dfrac{N}{n\ \frac{Dp_1}{2}} \left[ \dfrac{cv}{\frac{v}{min}\ cm} \right]\ [kg] \\ \mu = \frac{b}{D_p} \end{cases}$$

queda:$D_p = \sqrt[3]{\dfrac{71620 \times 2 \times N\ C_s}{n_1\ \mu\ \lambda\ C_z\ C_L\ C_\psi\ C_v}}$

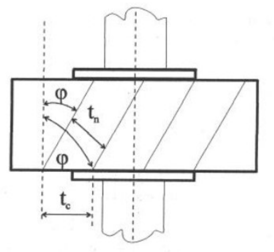
•resistencia, M necesario, Lewis $P_t \leq F_b$

$$\begin{cases} F_b = b\ Y\ M\ \sigma_{Wadm}\ \dfrac{K_1}{K_f\ K_s}\ C_v \\ P_t = 71620 \dfrac{N}{n\ \frac{Dp_1}{2}} \left[ \dfrac{cv}{\frac{v}{min}\ cm} \right]\ [kg] \\ \mu = \frac{b}{D_p} \end{cases}$$

queda: $M = \dfrac{71620 \times 2 \times N\ K_f\ K_s}{n_1\ Y\ \mu\ C_v\ \sigma_{Wadm}\ K_1\ D_{p1}^2}$

### Dientes helicoidales ($\psi = \phi$)

$t_c$ paso circunferencial
$t_n$ paso normal




$$\begin{cases} M_c = \dfrac{t_c}{\pi} \\ t_n \approx t_c Cos(\phi) \end{cases}$$

$$M_n = \frac{t_n}{\pi} = M_c Cos(\phi)$$

$$D_p = M_c z = \frac{M_n}{Cos(\psi)} z$$

$$D_{ext} = D_p + 2M_n = \frac{M_n}{Cos(\psi)} z + 2M_n$$

$$M_n = \frac{D_{ext}}{\frac{z}{Cos(\psi)} + 2}$$

***Para el dimensionamiento (piñon):***

•Entre centro:

$$ec = \frac{dp_1 + dp_2}{2} = \frac{M_c z_1 + M z_2}{2}$$

$$ec = \frac{M_n}{2Cos\psi}(z_1 + z_2)$$

•Mantener contacto sobre totalidad del flanco:

$$b_{min} = \frac{t_c}{tan(\psi)}$$

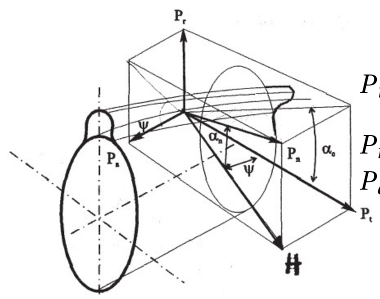
Consideraciones varias:
$\lambda = \frac{b}{M} = 12 - 20$ $\mu = \frac{b}{D_p} = 2 - 4$

•Resistencia, M necesario, Lewis $P_t \leq F_b$, se utilizan valores "normales" $Y_n$ correspondiente a $Z_{eq} = \frac{Z}{Cos^3(\psi)}$

•Desgaste- Buckingham: $P_t \leq F_w$, con $C_\psi = \frac{1}{Cos^2(\psi)}$

•Podemos plantear por Efectos dinámicos - Buckingham: aplicamos Lewisy Buckingham sin $C_v$, pero comparamos esos esfuerzos con $P_d$, $P_d = F_t + \Delta_p$

***Descomposición de fuerzas***




$$P_t = 71620 \frac{N}{n \frac{D_p}{2}}$$

$$P_r = P_t\ tan(\alpha_c)$$

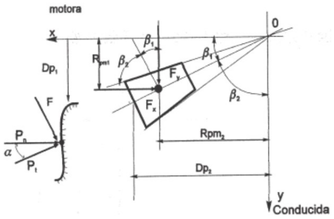
$$P_a = P_t\ tan(\psi)$$

**Ejes concurrentes**

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{sen(\beta_1)}{sen(\beta_2)}$$

$$\phi = \beta_1 + \beta_2$$

***Descomposición de fuerzas***




$$P_t = 71620 \frac{N}{n \frac{D_p}{2}}$$

$$F = P_t \ tan(\alpha)$$

$$F_x = F \ cos(\beta_2)$$

$$F_y = F \ cos(\beta_1)$$

**Ejes alabeados**

| | |
|---|---|
| $t_c$ | paso circunferencial |
| $t_n$ | paso normal |
| $m$ | número filetes del piñon |
| $i$ | Relacion transmición |

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{R_1 \ cos(\psi_1)}{R_2 \ cos(\psi_2)} = \frac{m}{z_2}$$

$$t_n = \frac{2\pi R_1 cos(\psi_1)}{Z_1}$$

En la elección de los ángulos se plantea:

$$\begin{cases} \phi = \psi_1 + \psi_2 \\ i = \dfrac{R_1 \ cos(\psi_1)}{R_2 \ cos(\psi_2)} = \frac{m}{z_2} \end{cases}$$