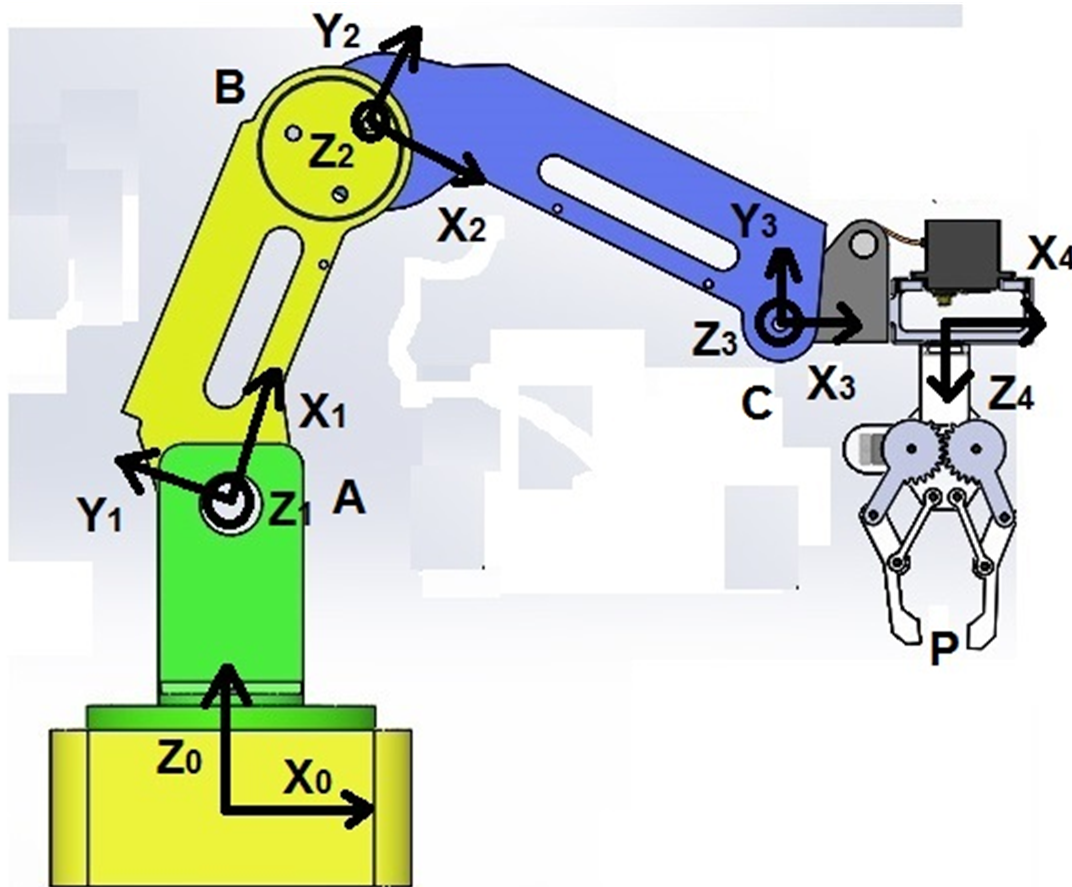


ESTIMACIÓN DE VIDA

En un análisis previo del eslabón 2 del brazo robótico mostrado se obtuvo los siguientes resultados para la sección transversal:

$b = 20\text{mm}$ $h = 60\text{mm}$ t es el espesor de la lámina 2 mm

Recuerde que cada eslabón está hecho de madera balsa, por lo cual, tiene una sección transversal rectangular para albergar otros elementos de transmisión de potencia, control y sensado.



Del mismo análisis hecho, se obtuvo que el aporte del peso de los eslabones 3, 4, 5 y la pieza en el efector final se podía representar como una carga $P = 1001.1551\text{ N}$ y un momento $M_B = 0.3953\text{ N}\cdot\text{m}$, concentrados en B.

Teniendo en cuenta que el ángulo θ_1 varía con el tiempo, P se puede expresar como:

$$P = 1001.1 \pm 40\%$$

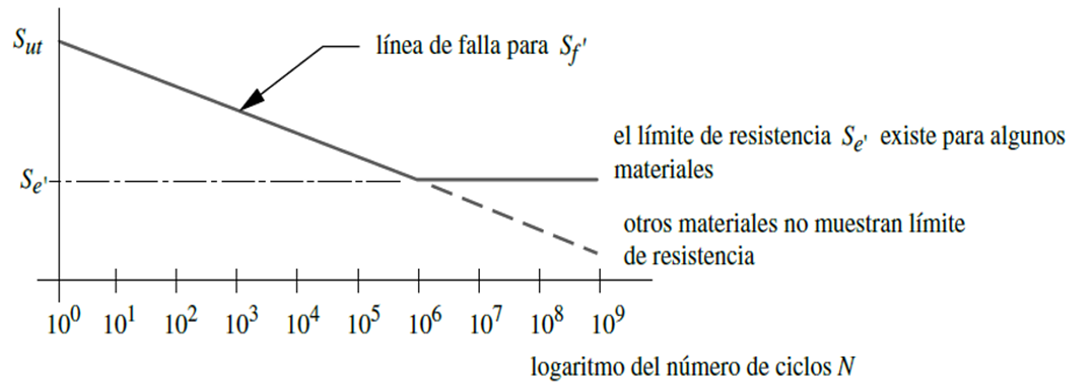
Ahora el objetivo es determinar la vida útil de 5 años.

-El material usado anteriormente fue un Aluminio 6061 con $\sigma_y = 55\text{MPa}$, pero en estas condiciones dinámicas tal vez sería necesario cambiar de material.

A continuación, se muestra la teoría de Fátiga para el cálculo de estimación de vida

Diagrama de resistencia-vida de Wohler o diagrama S-N

logaritmo de resistencia a la fatiga S



para aceros:	$S_e' \equiv 0.5 S_{ut}$	$S_{ut} < 200 \text{ ksi}$
para aceros:	$S_e' \equiv 100 \text{ ksi}$	$S_{ut} \geq 200 \text{ ksi}$
para aluminios:	$S_{f' @ 5 \times 10^8} \equiv 0.4 S_{ut}$	$S_{ut} < 48 \text{ kpsi}$
para aluminios:	$S_{f' @ 5 \times 10^8} \equiv 19 \text{ kpsi}$	$S_{ut} \geq 48 \text{ kpsi}$

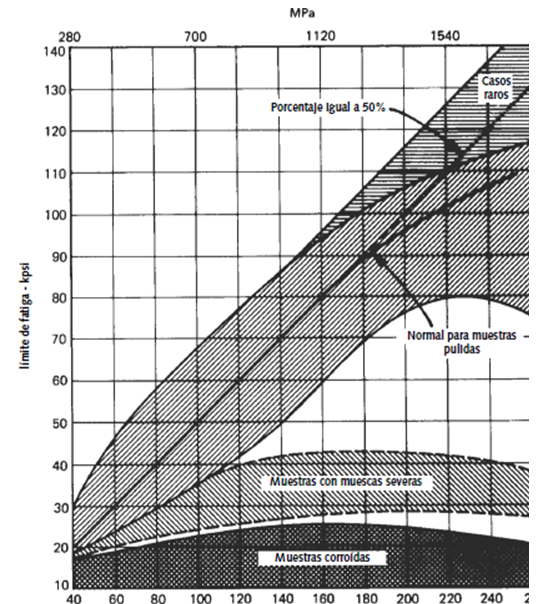


FIGURA 4-9

Relación entre el límite de resistencia a la fatiga y la resistencia última para muestras de Steel and Its Heat Treatment, de D. K. Bullens, John Wiley & Sons, Nueva York, 1948, con autorización

Estimación de la resistencia a la fatiga teórica S_f' o el límite de resistencia a la fatiga S_e'

aceros:	$\begin{cases} S_e' \equiv 0.5 S_{ut} \\ S_e' \equiv 100 \text{ kpsi (700 MPa)} \end{cases}$	$\begin{cases} \text{para } S_{ut} < 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ \text{para } S_{ut} \geq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \end{cases}$
hierros:	$\begin{cases} S_e' \equiv 0.4 S_{ut} \\ S_e' \equiv 24 \text{ kpsi (160 MPa)} \end{cases}$	$\begin{cases} \text{para } S_{ut} < 60 \text{ kpsi (400 MPa)} \\ \text{para } S_{ut} \geq 60 \text{ kpsi (400 MPa)} \end{cases}$
aluminios:	$\begin{cases} S_{f' @ 5E8} \equiv 0.4 S_{ut} \\ S_{f' @ 5E8} \equiv 19 \text{ kpsi (130 MPa)} \end{cases}$	$\begin{cases} \text{para } S_{ut} < 48 \text{ kpsi (330 MPa)} \\ \text{para } S_{ut} \geq 48 \text{ kpsi (330 MPa)} \end{cases}$
	$S_{f' @ 5E8} \sim 0.4 S_{ut}$	$\text{para } S_{ut} < 40 \text{ kpsi (280 MPa)}$

aleaciones de cobre:
$$\left\{ \begin{array}{l} S'_{f@5E8} = 0.7 S_{ut} \quad \text{para } S_{ut} < 70 \text{ kpsi (280 MPa)} \\ S'_{f@5E8} \cong 14 \text{ kpsi (100 MPa)} \quad \text{para } S_{ut} \geq 70 \text{ kpsi (280 MPa)} \end{array} \right\}$$

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga sin corregir

S_f' : Resistencia a la fatiga sin corregir

Factores de Marin para corrección de la resistencia a la fatiga teórica o el límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = C_{carga} C_{tamaño} C_{sup} C_{temp} C_{conf} S_e'$$

$$S_f = C_{carga} C_{tamaño} C_{sup} C_{temp} C_{conf} S_f'$$

S_e : Límite de resistencia a la fatiga corregido

S_f : Resistencia a la fatiga corregido

flexión: $C_{carga} = 1$

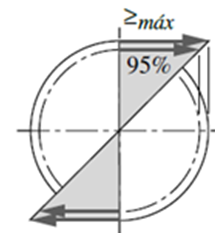
carga axial: $C_{carga} = 0.70$

EFFECTOS DEL TAMAÑO

para $d \leq 0.3 \text{ in (8 mm)}$: $C_{tamaño} = 1$

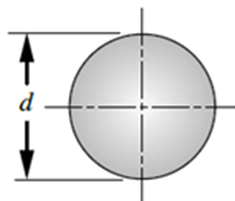
para $0.3 \text{ in} < d \leq 10 \text{ in}$: $C_{tamaño} = 0.869 d^{-0.097}$

para $8 \text{ mm} < d \leq 250 \text{ mm}$: $C_{tamaño} = 1.189 d^{-0.097}$



(a) Distribución del esfuerzo

$$d_{equiv} = \sqrt{\frac{A_{95}}{0.0766}}$$

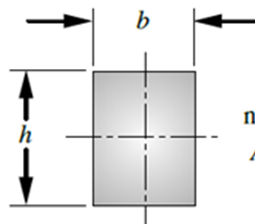


giratoria

$$A_{95} = 0.0766 d^2$$

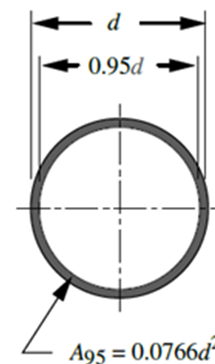
no giratoria

$$A_{95} = 0.010462 d^2$$



no giratoria

$$A_{95} = 0.05bh$$



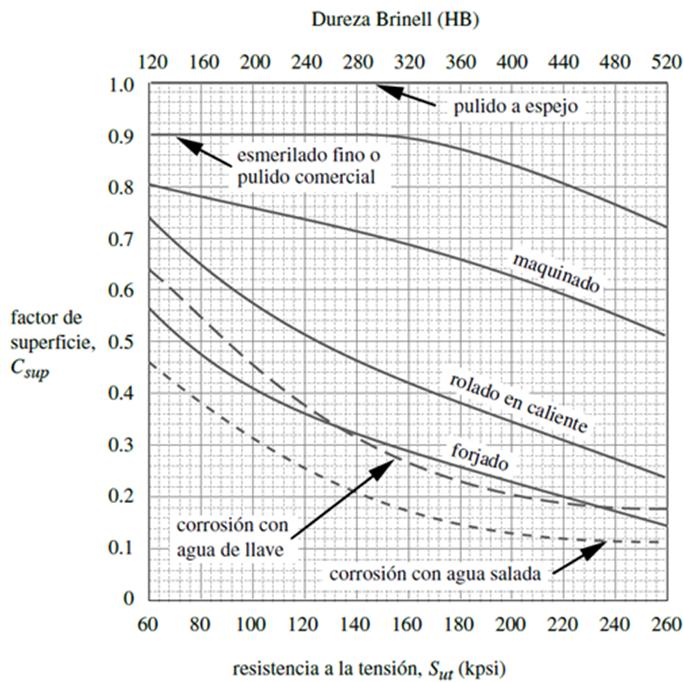
(b) Área por arriba del 95%

$$C_{sup} \cong A (S_{ut})^b$$

Acabado superficial	Para S_{ut} en MPa se usa		Para S_{ut} en kpsi (no psi) se usa	
	A	b	A	b
Esmerilado	4.50	-0.005	4.34	-0.005

si $C_{sup} > 1.0$, sea $C_{sup} = 1.0$

esmerinado	1.26	-0.065	1.34	-0.065
Maquinado o rolado en frío	4.51	-0.265	2.7	-0.265
Rolado en caliente	57.7	-0.718	14.4	-0.718
Forjado	272	-0.995	39.9	-0.995



para $T \leq 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($840\text{ }^{\circ}\text{F}$): $C_{temp} = 1$
 para $450\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 550\text{ }^{\circ}\text{C}$: $C_{temp} = 1 - 0.0058(T - 450)$
 para $840\text{ }^{\circ}\text{F} < T \leq 1020\text{ }^{\circ}\text{F}$: $C_{temp} = 1 - 0.0032(T - 840)$

Factores de confiabilidad
 para $S_d = 0.08\text{ }\mu$

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Creación de diagramas $S-N$ estimados

S_m resistencia media en 10^3 ciclos

flexión: $S_m = 0.9S_{ut}$

carga axial: $S_m = 0.75S_{ut}$

$$\log S(N) = \log a + b \log N \quad \log(a) = \log(S_m) - 3b$$

$$b = \frac{1}{z} \log\left(\frac{S_m}{S_e}\right) \quad \text{donde} \quad z = \log N_1 - \log N_2$$

Del análisis preliminar, se tiene que:

* $S_{ut} = 124\text{ MPa}$ --> límite a la tracción del aluminio 6061

Para tener una idea del análisis por fátiga, se asume que la pieza se elaboró en rolado en caliente a una temperatura de $T=500^\circ$. Ya se sabe que está sometido a cargas por flexión, por lo tanto:

$$s_{ut} := 124 \text{ MPa}$$

$$s_{ut} = 17.9847 \text{ ksi}$$

$$s_{f'} := 0.4 \cdot s_{ut} = 7.1939 \text{ ksi} \quad \text{--> resistencia a la fátiga sin corregir} \quad \text{--> para aluminio}$$

cálculo de los factores de marin de corrección de la resistencia a la fátiga

$$s_f = C_{\text{carga}} \cdot C_{\text{tamaño}} \cdot C_{\text{sup}} \cdot C_{\text{temp}} \cdot C_{\text{conf}} \cdot s_{f'}$$

Ya que el eslabón está sometido a cargas de flexión, el factor de carga es igual a 1

$$C_{\text{carga}} := 1$$

Para el factor de tamaño se tiene que:

$$b := 20 \text{ mm}$$

$$h := 60 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el área del 95% es:

$$A_{95} := 0.05 \cdot b \cdot h = 60 \text{ mm}^2$$

$$d_{\text{equiv}} := \sqrt{\frac{A_{95}}{0.0766}} = 27.9873 \text{ mm}$$

$$d_{eq} := 28$$

$$C_{\text{tamaño}} := 1.189 \cdot d_{eq}^{-0.097} = 0.8606$$

Para el factor de superficie

$$C_{\text{sup}} = A \cdot s_{ut}^B$$

Cómo está rolado en caliente $A=14.4$ y $B=-0.718$

$$A := 14.4$$

$$B := -0.718$$

$$s_{ut} := 17.9847$$

$$C_{\text{sup}} := A \cdot s_{\text{ut}}^B = 1.8086$$

Como la temperatura está a 500°C, entonces, el factor de temperatura queda cómo:

$$T := 500$$

$$C_{\text{temp}} = 1 - 0.0058 \cdot (T - 450)$$

$$C_{\text{temp}} := 1 - 0.0058 \cdot (T - 450) = 0.71$$

$$C_{\text{conf}} := 0.659$$

$$S_f := C_{\text{carga}} \cdot C_{\text{tamaño}} \cdot C_{\text{sup}} \cdot C_{\text{temp}} \cdot C_{\text{conf}} \cdot s_{f'} = 36.1223 \text{ MPa}$$

creación de diagrama S-N estimado

$$z := 3 \quad s_{\text{ut}} := 124 \text{ MPa}$$

$$s_m := 0.9 \cdot s_{\text{ut}} = 1.116 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

$$s_m := 1.116 \cdot 10^8$$

$$s_f := 36.1223 \cdot 10^6$$

$$b := \frac{1}{z} \cdot \log_{10} \left(\frac{s_m}{s_f} \right) = 0.1633$$

$$S := 27.574 \cdot 10^6$$

$$\log A := \log_{10}(s_m) - 3 \cdot b = 7.5578$$

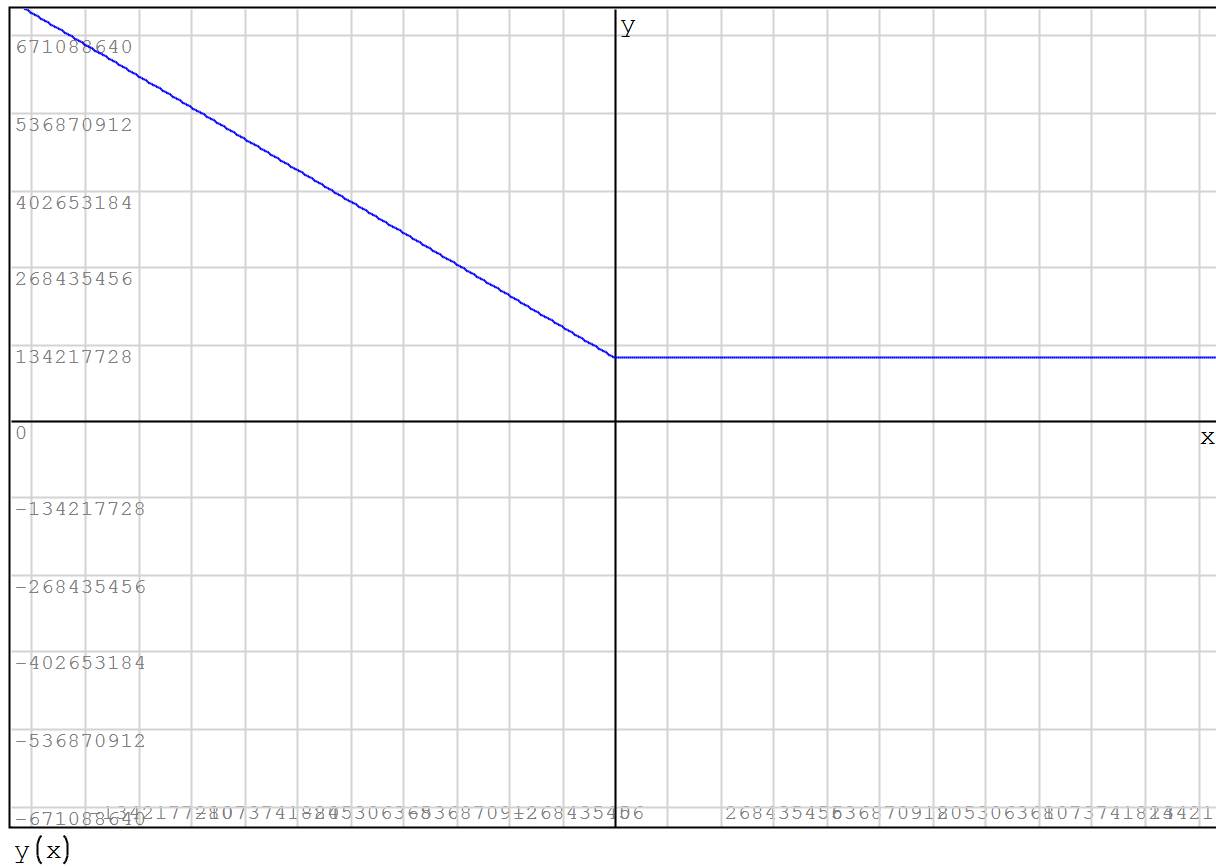
$$\log_{10}(S) = \log A + b \cdot \log_{10}(N)$$

$$\log N = \frac{\log A - \log_{10}(S)}{b}$$

$$\log N := \frac{\log A - \log_{10}(S)}{b} = 0.7182$$

$$N := \exp(\log N) = 2.0507$$

$$y(x) := ((-0.407) \cdot x \cdot (x < 12.90)) + \left(1.116 \cdot 10^8 \cdot (x < 12.9016) \right) + 1.116 \cdot 10^8 \cdot (x > 12.9016)$$

GRÁFICA S-N ESTIMADA

ya que la probabilidad de falla es de 1/ciclos entonces

$$pf := \frac{1}{N} = 0.4876$$

Por lo tanto, para 5 años se tiene que:

$$pd := pf \cdot (1 - pf)^5 = 0.0172$$

Con esto se garantiza que en los primeros 4 años no vaya a fallar por fátiga, pero al se recomienda cambiar la pieza

[Back](#)

(Ctrl + click derecho)

[Next](#)

(Ctrl + click derecho)