

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE N° 04

ROZAMIENTO, COJINETES Y TOLERANCIA

I. ROZAMIENTO DE ADHERENCIA Y ROZAMIENTO DE DESLIZAMIENTO

Si un cuerpo descansa sobre otro, hay que aplicar una fuerza para que el superior se desplace sobre el inferior.

Esa fuerza de tracción es necesaria para vencer la fuerza de rozamiento (resistencia de rozamiento) que ejercen las superficies en contacto de ambos cuerpos.

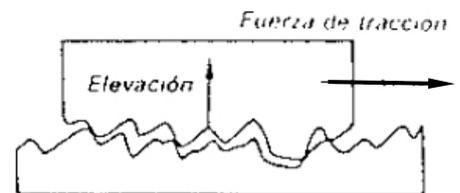
Esa resistencia de rozamiento actúa en sentido contrario al del movimiento.

Las causas de la resistencia por rozamiento son:



1. Condiciones de las superficies

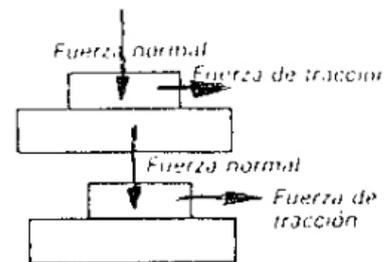
Incluso las superficies lisas vistas con gran aumento muestran rugosidades y discontinuidades. Esas irregularidades hacen que un cuerpo encaje en el otro y es por tanto necesaria una fuerza de tracción para desprender el cuerpo superior.



2. Fuerzas normal (peso)

En el dibujo de al lado el cuerpo de encima presiona con su peso sobre el cuerpo de abajo. La fuerza normal (peso) se calcula multiplicando la masa por la aceleración de la gravedad g : $F_N = m \cdot g = P \cdot g$ [N]

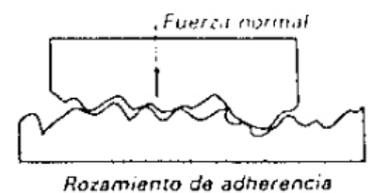
Cuanto mayor es la fuerza normal, mayor es también la fuerza de tracción necesaria para elevar el cuerpo superior.



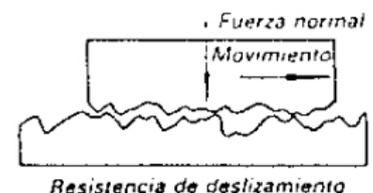
3. Estado de movimiento o reposo

Un cuerpo puede estar respecto al otro en a) reposo o b) en movimiento. En estado de reposo el cuerpo inferior penetra en las rugosidades del cuerpo superior y ambos se encajan. Es pues necesaria una fuerza de tracción apreciable para elevar el cuerpo superior y hacer que se desplace.

La resistencia de rozamiento que se opone al movimiento relativo de un cuerpo sobre otro estando ambos en reposo, se denomina rozamiento de adherencia (rozamiento estático)



Si el cuerpo superior está ya en movimiento respecto al inferior, no se encuentra tan encajado como en reposo. Por ello el rozamiento en movimiento, denominado rozamiento de deslizamiento (rozamiento dinámico) es menor que el rozamiento de adherencia (rozamiento estático).



La magnitud de la resistencia por rozamiento depende pues de,

- 1º la magnitud de la fuerza normal
- 2º La condición de la superficies en contacto de ambos cuerpos
- 3º el estado de movimiento o reposo.

La condición de las superficies en contacto y el estado de movimiento y reposo se tienen en cuenta mediante un índice denominado coeficiente de rozamiento.

Con una lubricación apropiada se reduce mucho la resistencia de rozamiento. Mediante el lubricante se rellenan igualmente las irregularidades de las superficies.

F_{RE} = resistencia de rozamiento en reposo (rozamiento de adherencia o estático) [N]

F_{RD} = resistencia de rozamiento en movimiento (rozamiento de deslizamiento dinámico)

$F_N=F_P$ = Fuerza normal, que actúa verticalmente sobre el apoyo [N]

μ_E = Coeficiente de rozamiento estático [-]

μ_D = Coeficiente de rozamiento dinámico [-]

$m=P$ = Peso (masa) [kg]

g = Aceleración de la gravedad

La magnitud de rozamiento estático se determina con la siguiente fórmula:

Rozamiento estático = Coeficiente de rozamiento estático \times Fuerza normal

$$F_{RE} = \mu_E \times F_N \text{ [N]}$$

Para el rozamiento dinámico la formula es igualmente:

Rozamiento dinámico = Coeficiente de rozamiento dinámico \times Fuerza normal

$$F_{RD} = \mu_D \times F_N \text{ [N]}$$

Observación: $F_N = F_P = m \cdot g$ [N]

NOTA

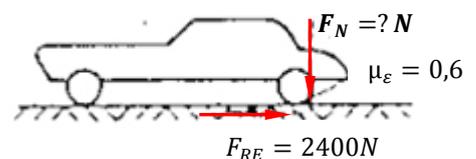
El fenómeno natural de que aparezca una resistencia por rozamiento entre dos cuerpos en contacto, se aprovecha con frecuencia, como en el caso de los frenos y los embragues. En cambio, en otros casos, es un inconveniente, como en los cojinetes y entre el pistón y el cilindro.

EJERCICIOS:

- 1) Las ruedas motrices de un automóvil puede transmitir al suelo una fuerza máxima que corresponde a la resistencia de rozamiento.

Calcular esa fuerza (F_{RE}) para el vehículo del los siguientes datos: $F_N= 2000\text{N}$; $\mu_E = 0,6$

- 2) Se acelera un deportivo de tracción trasera y aparece en las ruedas motrices una fuerza de 2400N. ¿Cuál ha de ser la carga mínima (F_N) sobre el eje trasero?



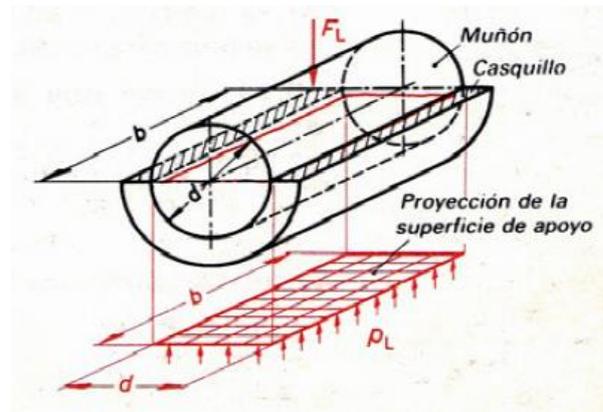
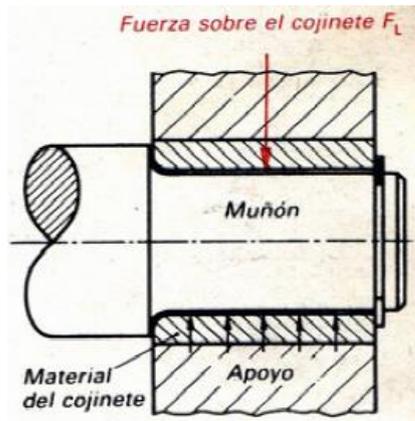
II. CÁLCULO DE COJINES

En los vehículos se colocan cojinetes de deslizamiento en, muchos puntos. Sirven de guía y sostén a piezas móviles, como por ejemplo, los cojinetes del cigüeñal, de pie y cabeza de biela (bulón del pistón), del árbol de levas, y de balancines.

Los cojinetes de deslizamiento están solicitados a presión por la fuerza sobre el cojinete.

Los cojinetes se pueden estropear por las siguientes causas:

- Engrase insuficiente (rozamiento grande)
- Fuerzas excesivas sobre ellas (que dan mayores presiones).
- Desgaste natural



DONDE:

F_L = Fuerza sobre el cojinete [N ó daN]

b = Ancho del cojinete [cm]

d = Diámetro del muñón [cm]

$A_L = b \cdot d$ = Proyección de la superficie de apoyo [cm^2]

P_L = Presión sobre el cojinete [daN/cm^2]

$$P_L = \frac{F_L}{A_L}$$

$$P_L = \frac{F_L}{b \cdot d} \quad [daN/cm^2]$$

OBSERVACIÓN

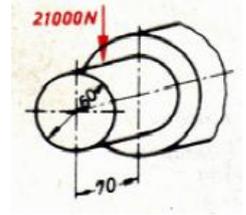
Un cojinete de desplazamiento se estropea cuando la presión calculada P_L es superior a la admisible P_{adm} . Para el par de materiales en contacto: Casquillo del cojinete de bronce al plomo y muñón de acero templado, se admiten las siguientes presiones:

	Bulón del pistón	Muñequilla del cojinete
Motor Diesel	270 daN/cm ²	150 daN/cm ²
Motor Otto	315 daN/cm ²	110 daN/cm ²

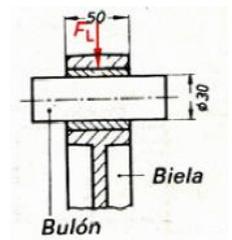
EJERCICIOS:

- 1) Se carga con $F_L = 1200 \text{ daN}$ un cojinete de deslizamiento. ¿Cuál es la presión sobre el cojinete si este tiene $d = 40 \text{ mm}$ y $b = 30 \text{ mm}$?

- 2) Calcular la presión P_L que ejerce sobre el cojinete el muñón del dibujo. (Tomar del dibujo los valores para el cálculo)

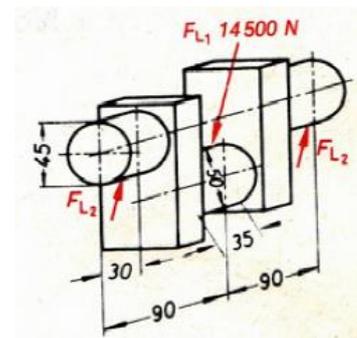


- 3) En un motor Otto el ojo de biela (bulón-pistón-biela) recibe una fuerza máxima de 20 000N del pistón. ¿Cuál la presión sobre el cojinete? (tomar las dimensiones del gráfico)



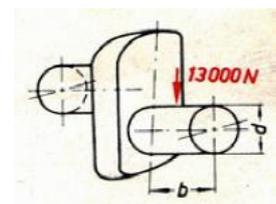
- 4) En la muñequilla del cigüeñal de un motor monocilíndrico se aplica una fuerza $F_{L1} = 1450 \text{ daN}$. De esta fuerza se derivan las dos fuerzas iguales F_{L2} en los cojinetes de los muñones del cigüeñal. Calcular:

- La fuerza sobre el cojinete F_{L2}
- La presión sobre el cojinete de biela.
- La presión sobre los cojinetes de los muñones del cigüeñal. (tomar las dimensiones de los dibujos)



- 5) En los muñones del cigüeñal de un motor Otto puesto a punto actúa una fuerza de 13000N en el tiempo de la combustión. Los muñones tienen un diámetro de 40 mm y una longitud (ancho) de 32,5mm. Por desajuste del carburador y del punto de encendido se eleva la fuerza máxima a 17000N. calcular:

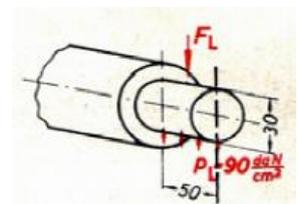
- La presión sobre los cojinetes con el motor puesto a punto.
- La presión sobre los cojinetes con el motor desajustado.
- El aumento de esa presión en tanto por ciento.



- 6) En un muñón de diámetro igual a 50 mm actúa una fuerza de 2000 daN, que genera en el cojinete una presión de 100 daN/cm². Calcular el ancho del cojinete.

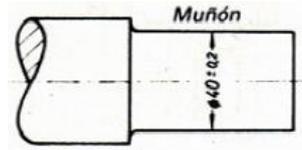
- 7) En el muñón que se presenta en el dibujo actúa una presión del cojinete de $P_L = 90 \text{ daN/cm}^2$.

Calcular la fuerza F_L sobre el cojinete en N y daN (Tomar del dibujo las dimensiones del muñón)



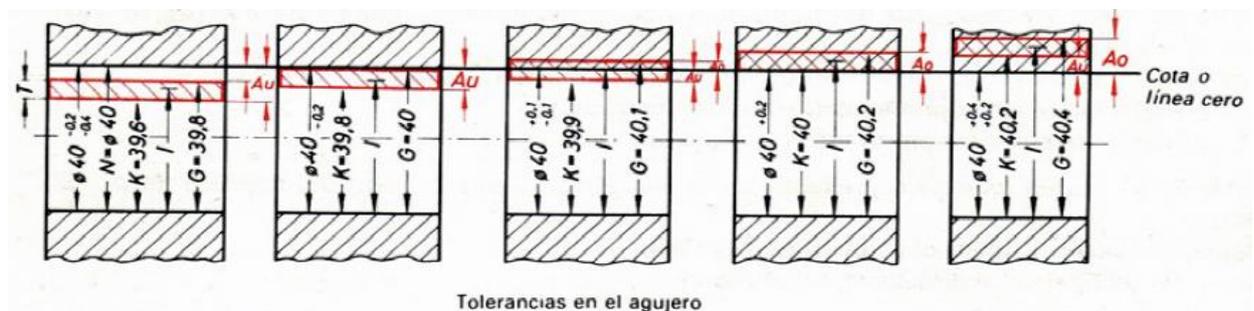
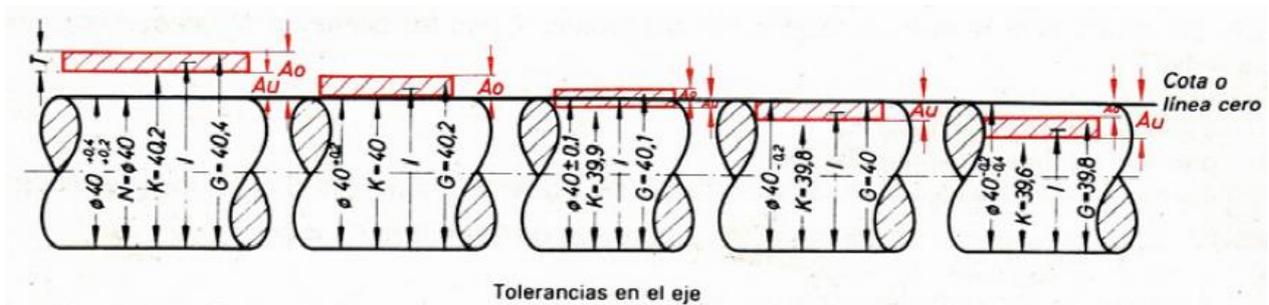
III. CÁLCULO DE TOLERANCIAS Y AJUSTES

Las piezas componentes de las maquinas deben acabarse, según su aplicación, con más o menos exactitud. Por ellos se permiten las correspondientes diferencias de medida. La diferencia de medida admisible se denomina tolerancia y se indica en la pieza.



La acotación del muñón $\leftarrow 40 \pm 0,2 \rightarrow$ significa que el diámetro del muñón tiene que quedar comprendido entre 40,2 ($40+0,2$) y 39,8 ($40-0,2$) mm. Se admite pues una tolerancia de $40,2$ a $39,8 = 0,4$ mm.

Por ajuste se entiende la clase de ensamble de dos piezas. Puede ser suelto (con juego) o fijo (a presión). El ajuste, a diferencia de la tolerancia, se refiere a las dos piezas.



NOTACIONES

N = Medida nominal

T = Tolerancia

G = Medida máxima

K = Medida mínima

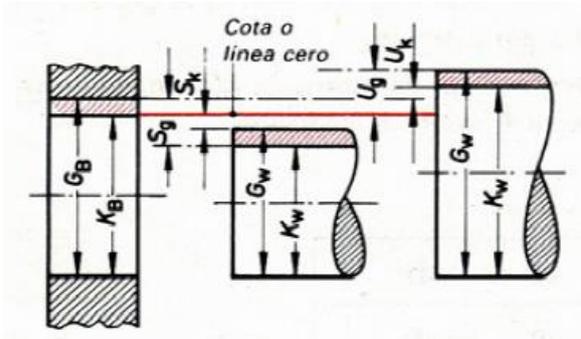
I = Medida real

(tiene que estar entre la máxima y la mínima)

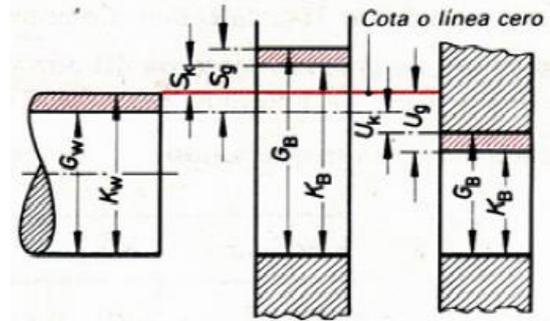
A_o = Diferencia (de medida) superior

A_u = Diferencia (de medida) inferior

Las diferencias de medida positivas aparecen sobre la cota cero y las negativas por debajo.



Denominaciones por el sistema de agujero único



Denominaciones por el sistema de eje único

Donde:

G_B = Medida máxima agujero

G_W = Medida máxima eje

K_B = Medida mínima agujero

K_W = Medida mínima Eje

S_g = Juego máximo

S_k = Juego mínimo

U_g = Sobremedida (aprieto) máximo

U_k = Sobremedida (aprieto) mínimo

T_p = Tolerancia de ajuste

1. Medida mínima

Medida mínima = Medida nominal + Diferencia inferior

$$K = N + (\pm A_u) \text{ [mm]}$$

2. Medida máxima

Medida máxima = Medida nominal + Diferencia superior

$$G = N + (\pm A_o) \text{ [mm]}$$

3. Tolerancia

Tolerancia = Medida máxima – Medida mínima

$$T = G - K \text{ [mm ó } \mu\text{m]}$$

Para el cálculo del juego máximo o del mínimo un valor negativo significa sobremedida.

Medida máxima negativa = Sobremedida mínima

Medida mínima negativa = Sobremedida máxima

$$S_g(U_k) = G_B - K_W \text{ [mm ó } \mu\text{m]}$$

$$S_k(U_g) = K_B - G_W \text{ [mm ó } \mu\text{m]}$$

Tolerancia de ajuste = Juego máximo – Juego mínimo

Tolerancia de ajuste = Sobremedida máxima – Sobremedida mínima

$$T_p = S_g - S_k \text{ [mm ó } \mu\text{m]}$$

$$T_p = U_g - U_k \text{ [mm ó } \mu\text{m]}$$

OBSERVACION

Si el resultado del cálculo de un juego da un valor positivo y otro negativo se trata de un ajuste indeterminado o de transición.

EJERCICIOS:

1. Calcular las dimensiones máxima y mínima para el siguiente eje:

Medida nominal $N=40$ mm

Diferencia superior $A_o = + 0,4$ mm

Diferencia inferior $A_u = + 0,1$ mm

2. Un buje de $\varnothing 40$ H7 ha de encajar fijo con un eje $\varnothing 40$ S6.

Calcular:

- Dimensión máxima y mínima del eje.
- Dimensión máxima y mínima del buje.
- El aprieto máximo y mínimo.

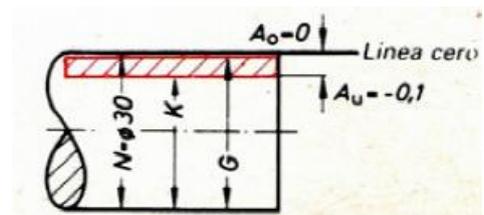
Ajuste	Diferencia
40 S6	+ 0,059 + 0,043
40 H7	+ 0,025 0

3. Con arreglo a ISO hay que hacer un ajuste 40 H7/g6. Con ayuda de las tablas calcular

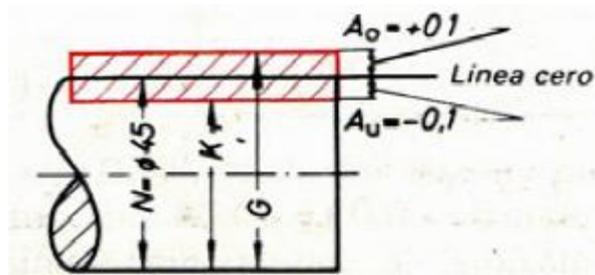
- las dimensiones máximas y mínimas de ambas partes
- las tolerancias de ambas
- el juego máximo y mínimo del ajuste.

Medida	ISO	Diferencia
40	g6	- 0.009 - 0.025
40	H7	+ 0.025 0

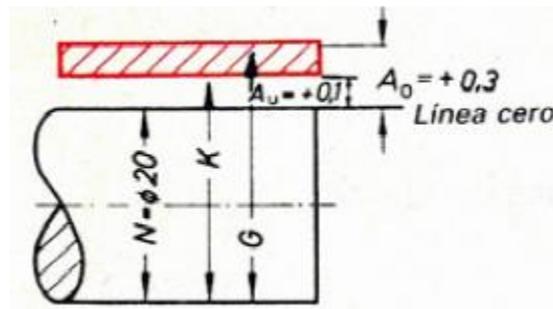
4. Calcular la dimensión mínima del eje del siguiente gráfico.



5. ¿Cuáles son las dimensiones mínima y máxima para el eje del dibujo siguiente?

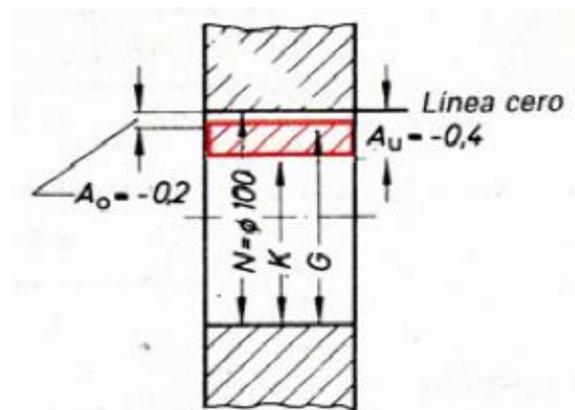


6. Calcular con los valores que figuran en el dibujo la dimensión máxima y mínima del eje.



7. Calcular para el agujero del dibujo:

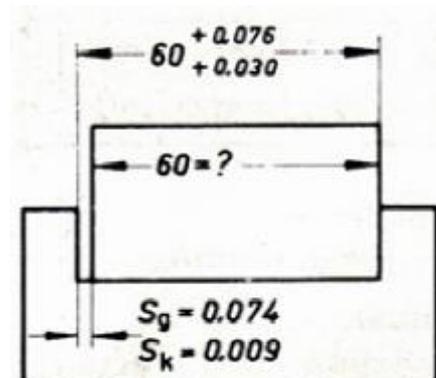
- La dimensión mínima
- La dimensión máxima
- La tolerancia.



8.

Calcular:

- Diferencia máxima y mínima de la lengüeta.
- Tolerancia de la ranura.
- Tolerancia de la lengüeta.



9.

La medida nominal de un asiento de válvula es de 50 mm, el agujero tiene una diferencia de medida de + 0,018 y 0 mm y el plato de + 0,03 y + 0,06 mm. Determinar las dimensiones máxima y mínima, la sobremedida máxima, la sobremedida mínima y la tolerancia de ajuste.