



PROBLEMAS DE TOLERANCIAS

Calcular las tolerancias correspondientes a las calidades 6, 7, 8 y 9 para un grupo de diámetros de 30 y 50 mm.

Calculamos la media geométrica, D , del grupo, así tendremos:

$$D = \sqrt{30 \cdot 50} = 38,73$$

Ahora aplicaremos la fórmula general para definir la amplitud de la tolerancia que le corresponde a cada una de las calidades:

$$IT\ 6 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 10 = 15,61 \approx 16\mu$$

$$IT\ 7 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 16 = 24,98 \approx 25\mu$$

$$IT\ 8 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 25 = 39,03 \approx 39\mu$$

$$IT\ 9 = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73) \cdot 40 = 62,45 \approx 62\mu$$

Calcular la amplitud de la tolerancia para un ajuste, macho y hembra, que le corresponde un diámetro nominal de 60 mm, en las posiciones H7/h6 (ajuste deslizante), H7/j6 (ajuste indeterminado), H7/r6 (ajuste prensado). Expresar gráficamente el diagrama correspondiente.

La cota nominal de 60 mm, por tratarse de una medida comprendida entre el grupo de 50 a 80 mm (Tabla I), se calculará la media geométrica, así tendremos:

$$D = \sqrt{50 \cdot 80} = 63,2455 \text{ mm}$$

Ahora aplicaremos la fórmula general para definir la amplitud de la tolerancia que le corresponde a cada una de las posiciones seleccionadas.

Para calcular la calidad IT 7, se tiene:

$$IT = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{63,2455} + 0,001 \cdot 63,2455) \cdot 16 = 29,69824$$

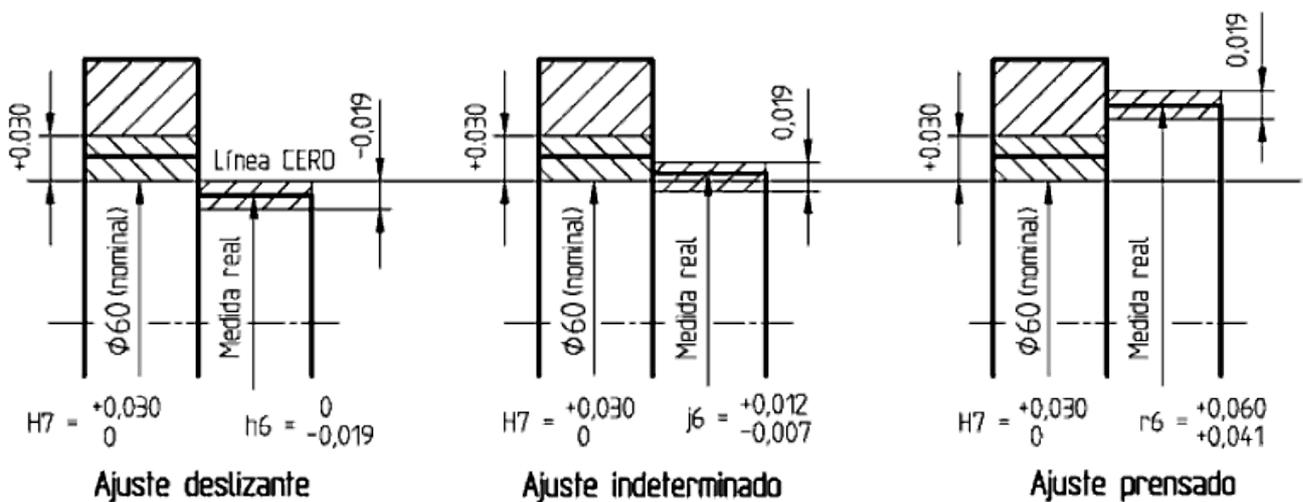
Aprox. **30 μm**

Para calcular la calidad IT 6, se tiene:

$$IT = (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \cdot k = (0,45 \cdot \sqrt[3]{63,2455} + 0,001 \cdot 63,2455) \cdot 10 = 18,5614$$

Aprox. **19 μm**

Con la utilización de las tablas se alcanzan los resultados directamente, sin operaciones.



Demostración gráfica de la posición y amplitud de las tolerancias (H7/h6), (H7/j6), (H7/r6), calculadas en el ejemplo.

Obsérvese que la magnitud de las tolerancias correspondientes a una misma calidad tiene igual medida, en nuestro caso 0,019 mm, porque en todas las posiciones tienen el mismo valor IT = 6, por tanto h6 le corresponde 0,019 mm, j6 tiene 0,012+0,007=0,019 mm y a r6 la misma amplitud, 0,060-0,041=0,019, independientemente de la posición que ocupe en el campo de tolerancia respecto a la línea cero. La medida real ha de estar comprendida necesariamente dentro de la discrepancia que origina la diferencia de los límites inferior y superior.

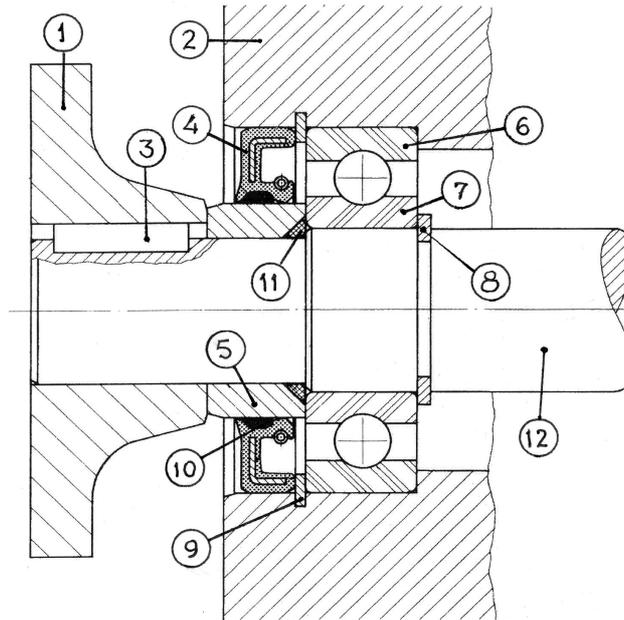


Figura 1. Buje de una polea.

El sistema mecánico de la figura 1 es un detalle del buje de una polea (marca 1).

El rodamiento de bolas de ranura profunda (SKF 6008) está fabricado con tolerancias de calidad IT6 (según norma ISO) y tipo H para el agujero de anillo interior (marca 7) y tipo h para el radio externo del anillo exterior (marca 6).

- ⇒ Si la tolerancia del alojamiento (marca 2) del rodamiento es $\text{Ø}68\text{J}7$, establecer qué tipo de ajuste se produce y especificar el juego o aprieto máximo y mínimo.
- ⇒ Si el montaje del rodamiento en el árbol (marca 12) se efectúa con un aprieto mínimo de $18 \mu\text{m}$ y un aprieto máximo de $45 \mu\text{m}$ (tolerancias de aprieto), determinar la tolerancia normalizada ISO con la cual está fabricado el árbol.

| M (mm) | CALIDADES DE LA TOLERANCIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | IT 01 | IT 0 | IT 1 | IT 2 | IT 3 | IT 4 | IT 5 | IT 6 | IT 7 | IT 8 | IT 9 | IT 10 | IT 11 | IT 12 | IT 13 | IT 14 | IT 15 | IT 16 |
| ≤3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 |
| 3 a 6 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 |
| 6 a 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 |
| 10 a 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1100 |
| 18 a 30 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 |
| 30 a 50 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 |
| 50 a 80 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 |
| 80 a 120 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 |
| 120 a 180 | 1,2 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 |
| 180 a 250 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 |
| 250 a 315 | 2,5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 |
| 315 a 400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 |
| 400 a 500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 |

De las tablas se extraen los valores de la tolerancia del alojamiento $\varnothing 68J7$, que será $\varnothing 68J7_{-12}^{+18}$.

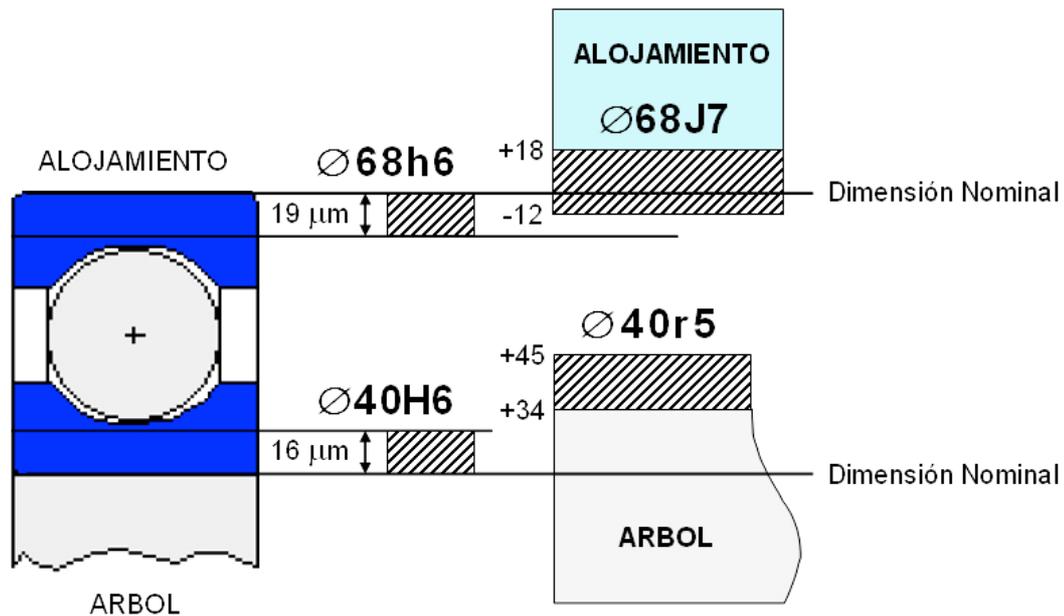
De las tablas se extraen los valores de la tolerancia del aro exterior del rodamiento $\varnothing 68h6$, que será $\varnothing 68h6_{-19}^0$.

Como puede observarse que el ajuste es indeterminado con un juego máximo de **37 μm** :

$$18 - (-19) = 37 \mu\text{m}$$

y un aprieto máximo de **12 μm** .

$$-12 - 0 = 12 \mu\text{m}$$



Al ser un rodamiento del tipo 6008, el diámetro del agujero del aro interior es 40 mm. (como se puede observar en la hoja de características del catálogo).

De las tablas se extraen los valores de la tolerancia del agujero del aro interior del rodamiento: $\varnothing 40H6$, que será $\varnothing 40H6_0^{+16}$.

Como es sabido, la diferencia entre el valor de aprieto máximo y mínimo es igual a la suma de la tolerancia de los dos elementos implicados en el ajuste (rodamiento y árbol):

$$45 - 18 = 16 + T_A \quad \rightarrow \quad T_A = 11 \mu\text{m}$$

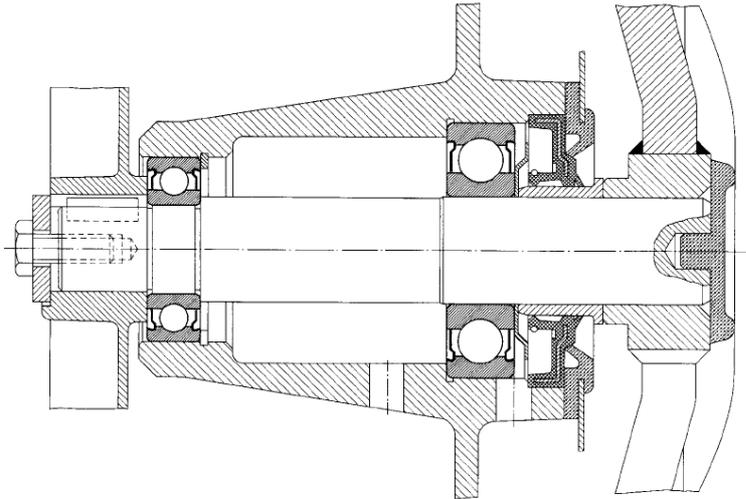
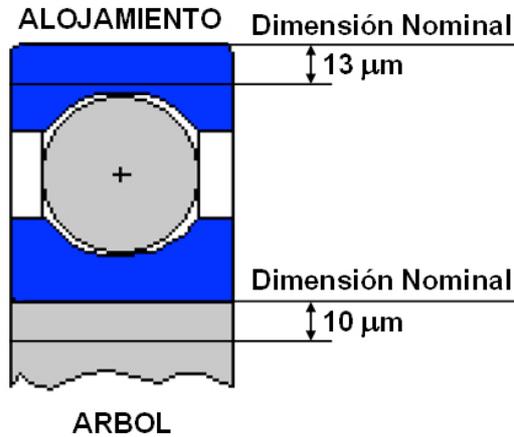
En la tabla de calidades de la tolerancia se observa que **11 μm** , para el rango de la dimensión nominal del diámetro interior del rodamiento $\varnothing 40$ (30 a 50), corresponde a una “**calidad 5**”.

El valor del aprieto mínimo será la diferencia entre el diámetro mínimo del árbol y el diámetro máximo interior del rodamiento o, lo que es lo mismo, la resta entre la diferencia inferior del diámetro del árbol y la diferencia superior del diámetro interior del rodamiento:

$$d_i - D_s = d_i - 16 = 18 \quad \rightarrow \quad d_i = 34 \mu\text{m}$$

Y mirando en la tabla de diferencias fundamentales para ejes se observa que **34 μm** , para el rango de $\varnothing 40$ (30 a 50), corresponde a la **posición de la tolerancia “r”**.

Luego el eje se debiera fabricar con una tolerancia dimensional: $\varnothing 40r5$, como se puede ver en la figura anterior.



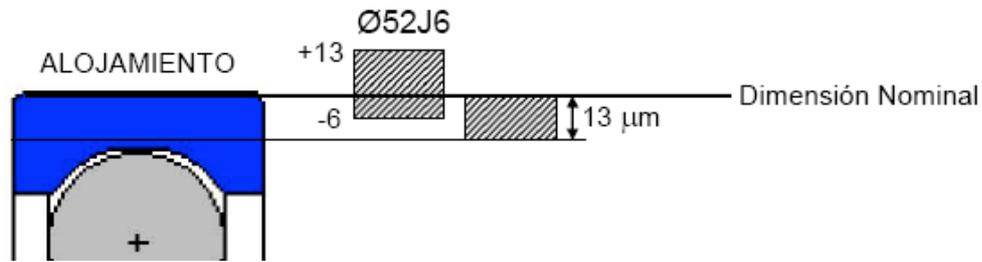
En las figuras anteriores se representan el esquema del eje de transmisión de una lavadora y las tolerancias del rodamiento menor de la misma, modelo 6205 (según catálogo $d = 25 \text{ mm}$ y $D = 52 \text{ mm}$).

- Si la tolerancia del alojamiento del rodamiento es $52\text{H}6$, establecer qué tipo de ajuste se produce y especificar el juego o aprieto máximo y mínimo.
- ¿Cuál será la tolerancia normalizada ISO con la que se debe fabricar el árbol donde se acopla el rodamiento si el montaje se efectúa con un aprieto mínimo de $8 \mu\text{m}$ y un aprieto máximo de $27 \mu\text{m}$ (tolerancias de aprieto)?

Nota:

- Se usará la notación normalizada ISO, considerando calidades IT5, IT6, IT7 o IT8.
- Si no puede lograr la tolerancia exacta, aproxímese lo más que pueda a la solicitada.

| M (mm) | CALIDADES DE LA TOLERANCIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | IT 01 | IT 0 | IT 1 | IT 2 | IT 3 | IT 4 | IT 5 | IT 6 | IT 7 | IT 8 | IT 9 | IT 10 | IT 11 | IT 12 | IT 13 | IT 14 | IT 15 | IT 16 |
| ≤ 3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 |
| 3 a 6 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 |
| 6 a 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 |
| 10 a 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1100 |
| 18 a 30 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 |
| 30 a 50 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 |
| 50 a 80 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 |
| 80 a 120 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 |
| 120 a 180 | 1,2 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 |
| 180 a 250 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 |
| 250 a 315 | 2,5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 |
| 315 a 400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 |
| 400 a 500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 |



De las tablas se extraen los valores de la tolerancia del alojamiento $\text{Ø}52\text{J}6$, que será $\text{Ø}52\text{J}6_{-6}^{+13}$ como aparece representada en la figura anterior.

Puede observarse que el ajuste es indeterminado con un juego máximo de $26 \mu\text{m}$:

$$-13 - 13 = -26 \mu\text{m}$$

y un aprieto máximo de $6 \mu\text{m}$.

$$6 - 0 = 6 \mu\text{m}$$

Como es sabido la diferencia entre el valor de aprieto máximo y mínimo es igual a la suma de la tolerancia de los dos elementos implicados en el ajuste (rodamiento y árbol):

$$27 - 8 = 10 + T_A \rightarrow T_A = 9 \mu\text{m}$$

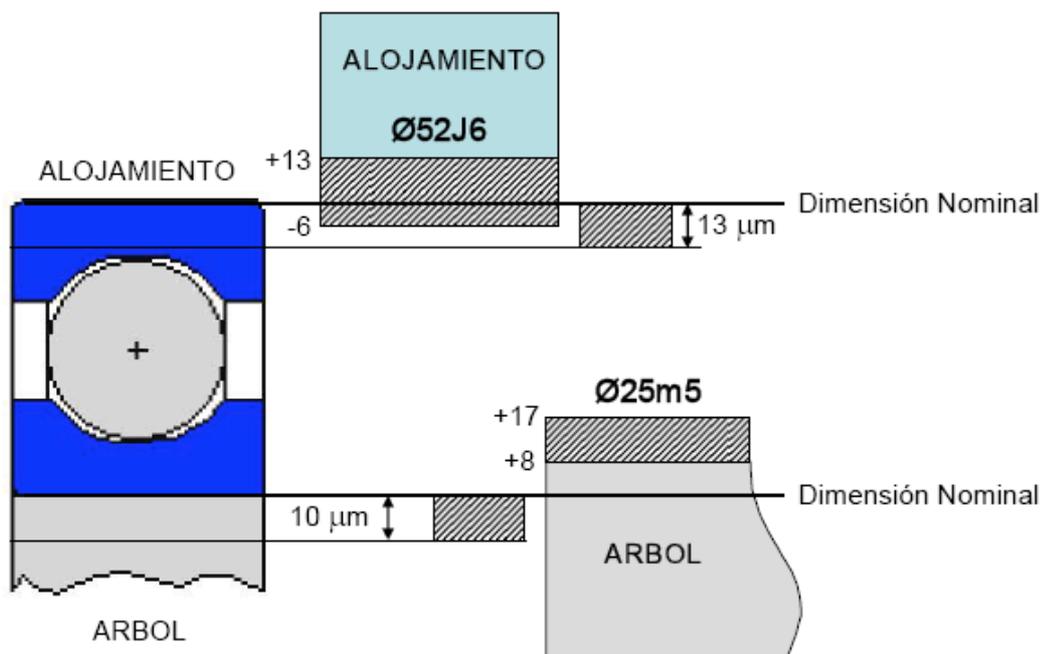
En la tabla de calidades de la tolerancia se observa que $9 \mu\text{m}$, para el rango de la dimensión nominal del diámetro interior del rodamiento $\text{Ø}25$ (18 a 30), corresponde a una "calidad 5".

El valor del aprieto mínimo será la diferencia entre el diámetro mínimo del árbol y el diámetro máximo interior del rodamiento o, lo que es lo mismo, la resta entre la diferencia inferior del diámetro del árbol y la diferencia superior del diámetro interior del rodamiento:

$$d_i - D_s = d_i - 0 = 8 \rightarrow d_i = 8 \mu\text{m}$$

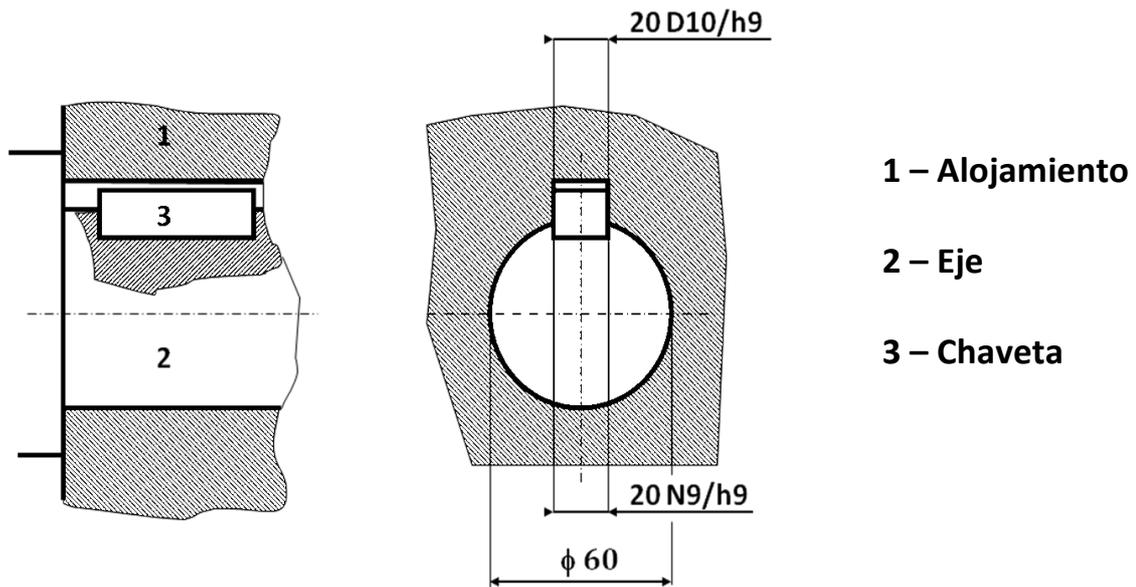
Y mirando en la tabla de diferencias fundamentales para ejes se observa que $8 \mu\text{m}$, para el rango de $\text{Ø}25$ (24 a 30) corresponde a la posición de la tolerancia "m".

Luego el eje se debiera fabricar con una tolerancia dimensional: $\text{Ø}25\text{m}5$.

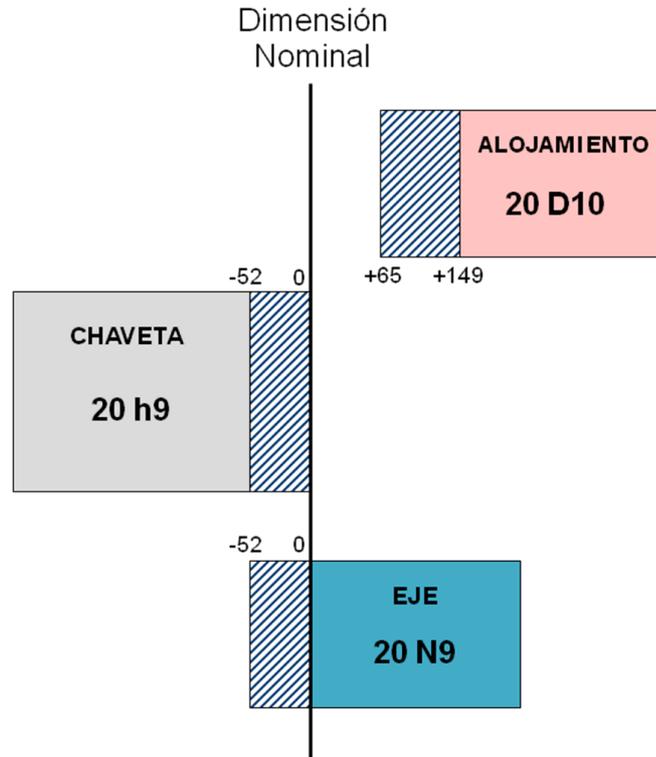


En la figura se representan las tolerancias de un ensamblaje de eje con chaveta.

- Establecer el tipo de ajuste producido entre chaveta-eje y chaveta-alojamiento y especificar el juego o aprieto máximo y mínimo generados en los dos casos.
- Determinar el ajuste eje-alojamiento, siguiendo la notación normalizada ISO, si el agujero del alojamiento presenta una tolerancia de calidad 9 y el montaje se efectúa con un juego mínimo de $60 \mu\text{m}$ y un juego máximo de $180 \mu\text{m}$ siguiendo el sistema de agujero base.



De las tablas se extraen los valores de las tolerancias del alojamiento, el eje y la chaveta, **20 D10**, **20 N9** y **20 h9**, como aparecen representadas en la figura siguiente.



Para el ajuste producido entre **chaveta-eje** se observa que el ajuste es indeterminado con un juego máximo de **52 μm** :

$$-52 - 0 = - 52 \mu\text{m}$$

y un aprieto máximo:

$$0 - (-52) = 52 \mu\text{m}$$

En el ajuste producido entre **chaveta-alojamiento** se aprecia que el ajuste es con juego con un juego máximo de **201 μm** :

$$-52 - 149 = - 201 \mu\text{m}$$

y un juego mínimo:

$$0 - 65 = - 65 \mu\text{m}$$

En el ajuste producido entre **eje-agujero**, si la tolerancia del alojamiento es de calidad 9 y el sistema de ajuste es por agujero base, la tolerancia del alojamiento será: **$\text{Ø}60 \text{ H9}$**

Como es sabido la diferencia entre el valor de juego máximo y mínimo es igual a la suma de la tolerancia de los dos elementos implicados en el ajuste (eje y alojamiento):

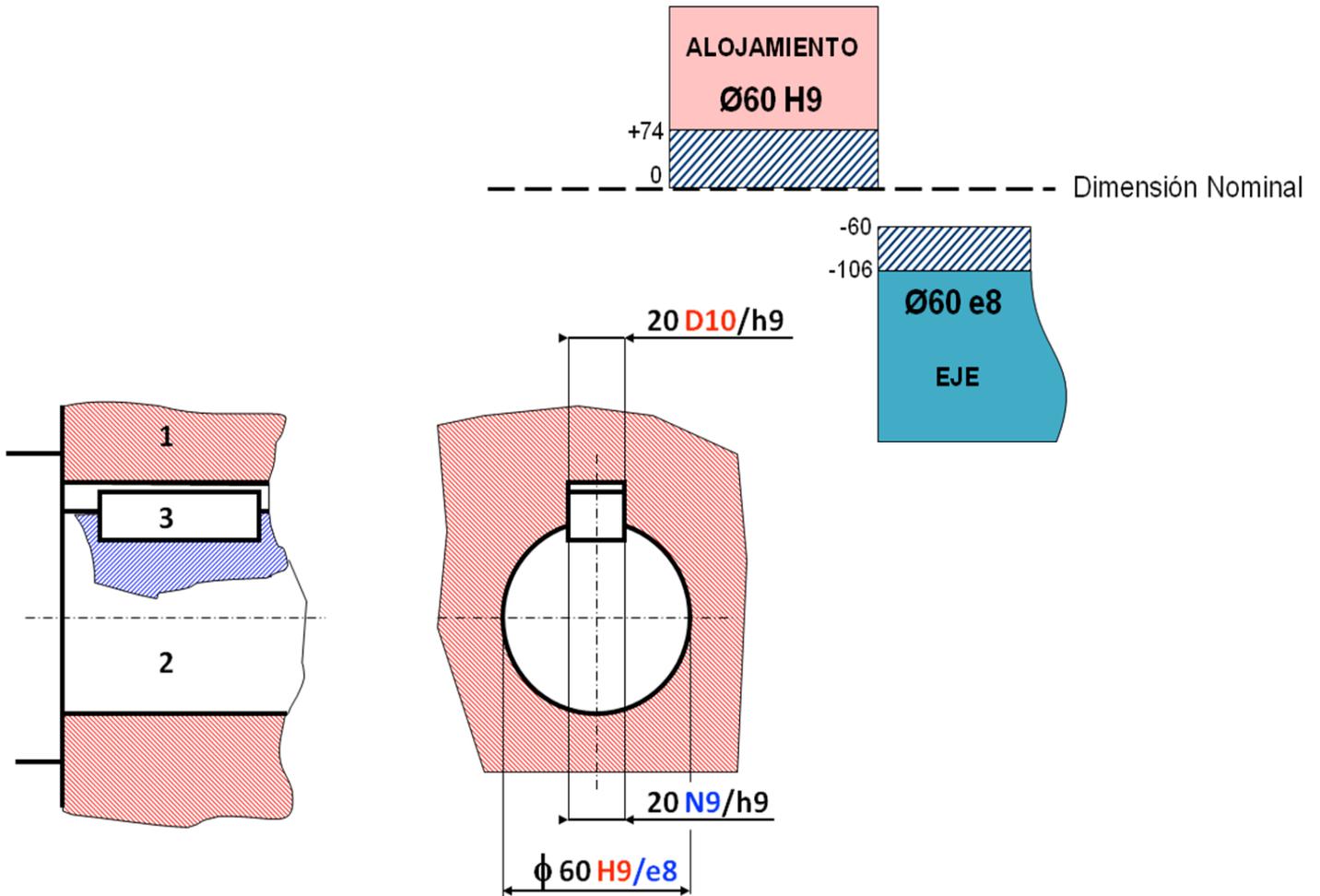
$$180 - 60 = 74 + T_A \quad \rightarrow \quad T_A = 46 \mu\text{m}$$

En la tabla de calidades de la tolerancia se observa que **46 μm** , para el rango de la dimensión nominal del eje **$\text{Ø}60$** (50 a 80), corresponde a una "**calidad 8**".

El valor del juego mínimo será la diferencia entre el diámetro mínimo del alojamiento y el diámetro máximo del eje o, lo que es lo mismo, la resta entre la diferencia inferior del diámetro del alojamiento y la diferencia superior del diámetro del eje:

$$d_i - D_s = 0 - D_s = 60 \quad \rightarrow \quad D_s = -60 \mu\text{m}$$

Mirando la tabla de diferencias fundamentales para ejes se ve que $60 \mu\text{m}$, para el rango de $\varnothing 60$ (50 a 80), corresponde a una **posición de tolerancia "e"**, luego el eje se debe fabricar con una tolerancia dimensional: $\varnothing 60 \text{ e}8$ y el ajuste solicitado será: $\varnothing 60 \text{ H}9/\text{e}8$





En el montaje de un rodamiento en su eje (diámetro de 40 mm.) se establece un aprieto que oscila entre 9 y 50 μm . (tolerancia de aprieto). Proponer las tolerancias a aplicar, siguiendo la técnica del agujero único, la notación normalizada ISO y considerando calidades IT5, IT6, IT7 o IT8.

Cumpliendo las especificaciones solicitadas, una posible solución exacta sería:

$$\varnothing 20 \quad H7 / r6 \quad \Rightarrow \quad H7 \begin{matrix} +25 \\ 0 \end{matrix} \quad r6 \begin{matrix} +34 \\ +50 \end{matrix}$$

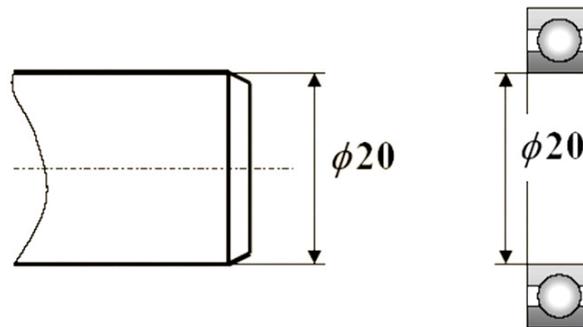
Se cumple que se usa el sistema de agujero único, pues la zona de tolerancia del agujero es "H" y se comprueba que el aprieto máximo es

$$50-0 = 50 \mu\text{m}.$$

y el aprieto mínimo es:

$$34-25 = 9 \mu\text{m}.$$

En el caso del montaje del rodamiento en un árbol (con diámetro de 20 mm.) se establecerá con un aprieto que debe oscilar entre 9 y 31 mm. (tolerancia de aprieto). Proponer las tolerancias a aplicar, siguiendo la técnica del agujero único, la notación normalizada ISO y considerando calidades IT5, IT6 o IT7.



Cumpliendo las especificaciones solicitadas, una posible solución exacta sería:

$$\varnothing 20 \quad H6 / p5 \quad \Rightarrow \quad H6_0^{+13} \quad p5_{+22}^{+31}$$

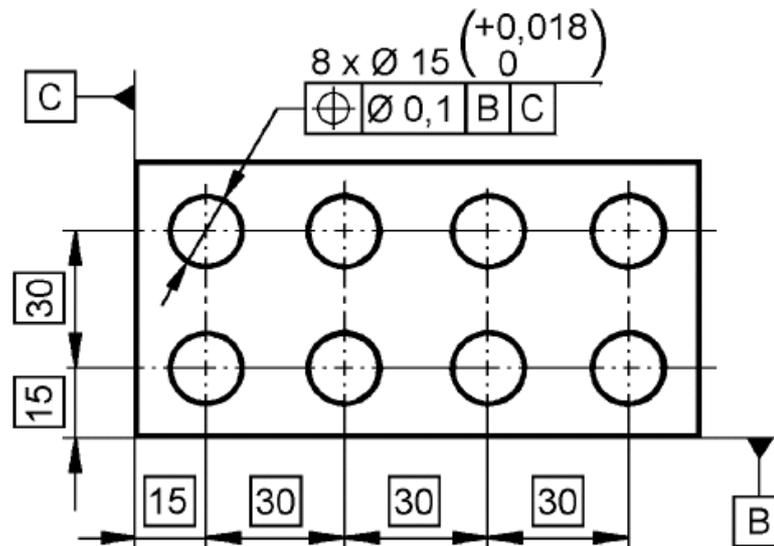
Y se comprueba que el aprieto máximo es

$$31 - 0 = 31 \text{ mm.}$$

y el aprieto mínimo es:

$$22 - 13 = 9 \text{ mm.}$$

Interpretar cada una de las tolerancias dimensionales y geométricas indicadas en el siguiente plano.

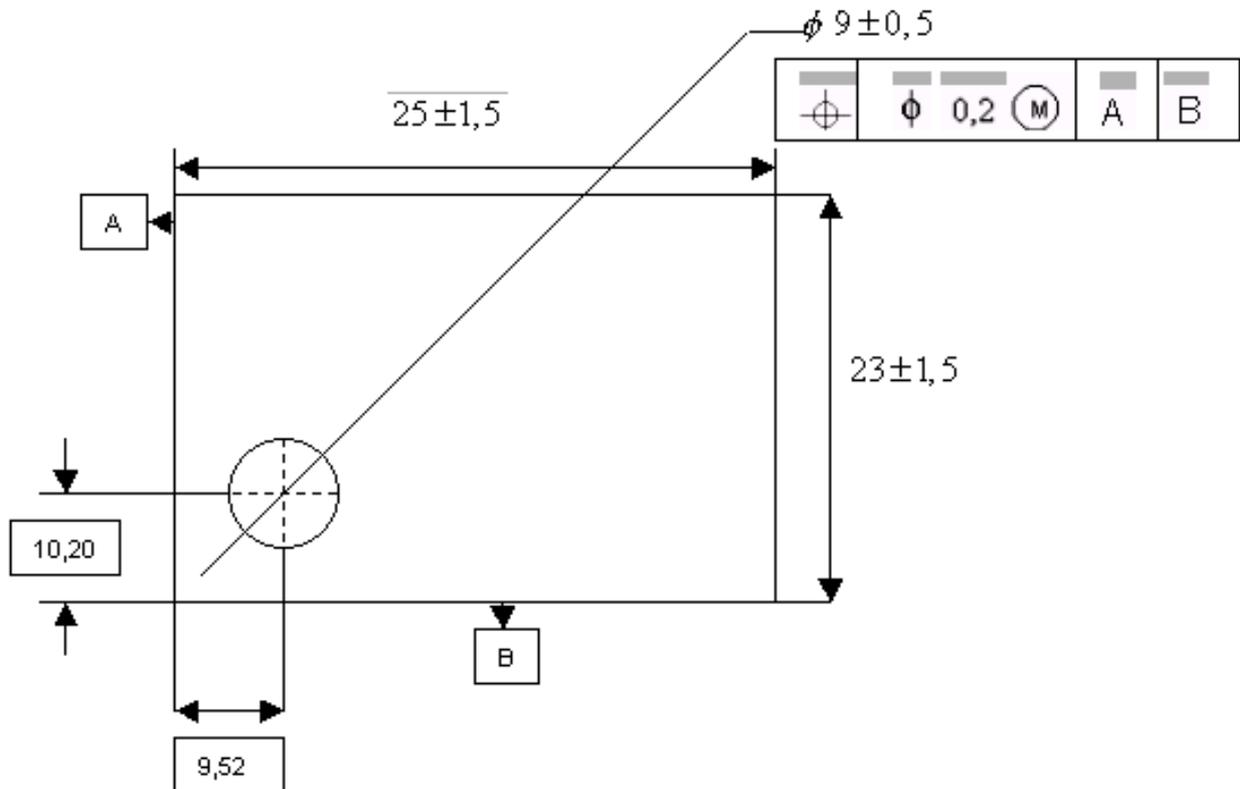


- a) La tolerancia dimensional representada en el dibujo $\varnothing 15^{+0,018}_0$ indica que el diámetro de los 8 taladros, de valor nominal 15 mm, debe estar comprendido en el intervalo $[15,018 \mu m - 15 \mu m]$.
- b) La tolerancia geométrica es una tolerancia de posición y afecta a los 8 taladros. Indica que los ejes de cada taladro deben estar dentro de una zona de tolerancia cilíndrica de diámetro 0,1 mm.

La ubicación de los ejes que definen estas zonas de tolerancia cilíndrica está indicada por valores no sujetos a tolerancias: 30 mm y 15 mm .

Además debe tenerse en cuenta que la superficie B es la referencia primaria y la superficie C es la referencia secundaria.

Interpretar cada una de las tolerancias dimensionales y geométricas indicadas en el siguiente plano.



Las tolerancias dimensionales representadas en el dibujo indican que el diámetro del taladro debe estar comprendido en el intervalo $[8,5 - 9,5]$ y las longitudes las caras **A** y **B**, dentro de los intervalos $[21,5 - 24,5]$ y $[23,5 - 26,5]$, respectivamente.

La tolerancia geométrica es una tolerancia de posición y afecta al taladro de diámetro nominal 9 mm. Indica que cuando el diámetro del taladro esté en **CMM**, es decir sea igual a 8,5 mm, su eje debe estar dentro de una zona de tolerancia cilíndrica de diámetro 0,2 mm. Esta zona de tolerancia cilíndrica tiene su eje ubicado a 10,20 mm de la cara **A** y a 9,52 mm de la cara **B**, siendo **A** la referencia principal y **B** la secundaria. Cuando el diámetro del cilindro no es el de **CMM**, la zona de tolerancia geométrica puede aumentar su diámetro en un valor igual al diámetro efectivo del taladro menos su diámetro en **CMM**, es decir podrá aumentar hasta un valor máximo de 1,7 mm.