

## TEMA 12

# AJUSTES

### Introducción

Cuando una pieza encaja en otra, con una relación previamente definida entre las medidas de las dos, se dice que está ajustada. Los ajustes se refieren a las condiciones de montaje o acoplamiento de dos piezas o elementos de igual medida nominal, para que se pueda o no producir entre ellos un movimiento relativo, en unos casos con más facilidad y en otros con menos.

Tal y como se indicó en el tema anterior, se habla en general de eje y agujero, aunque se hace referencia a cualquier pieza interior o *macho* y su envolvente o *hembra*, cualquiera que sea su forma.

Se pueden dar tres clases de ajuste, según que la diferencia entre las medidas efectivas de las piezas, o elementos hembra y macho respectivamente, hayan de resultar positivas, negativas o de signo incierto. Se conocen como:

$$\text{Ajuste} \left\{ \begin{array}{l} \text{con juego móvil} \\ \text{con aprieto o fijo} \\ \text{indeterminado} \end{array} \right.$$

### Definiciones

**Ajuste:** relación por diferencia, antes del montaje, entre las medidas de dos piezas o elementos destinados a acoplar.

**Superficie de ajuste:** cada una de las superficies de las piezas o elementos emparejados, que entran en contacto (o puedan entrar) después del montaje.

**Ajuste redondo:** el ajuste se llama así cuando las superficies de ajuste son superficies de revolución.

**Ajuste plano:** en este caso las superficies de ajuste son planas y paralelas entre sí dos a dos.

**Dimensión nominal de un ajuste:** es el valor común de las dimensiones nominales de las dos piezas o elementos que encajan.

**Tolerancia del ajuste:** suma aritmética de las tolerancias de los dos elementos, macho y hembra, que acoplan.

**Juego u holgura:** diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje, antes del montaje, cuando resulta positiva. Es decir:

$$J = D_e - d_e > 0$$

**Ajuste con juego móvil.** Es un tipo de ajuste en el cual la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje resulta siempre positiva; o sea, en los dibujos la zona de tolerancia está situada por encima

de la del eje, sin intersección alguna.

**Juego máximo:** diferencia entre la dimensión máxima del agujero y la mínima del eje.

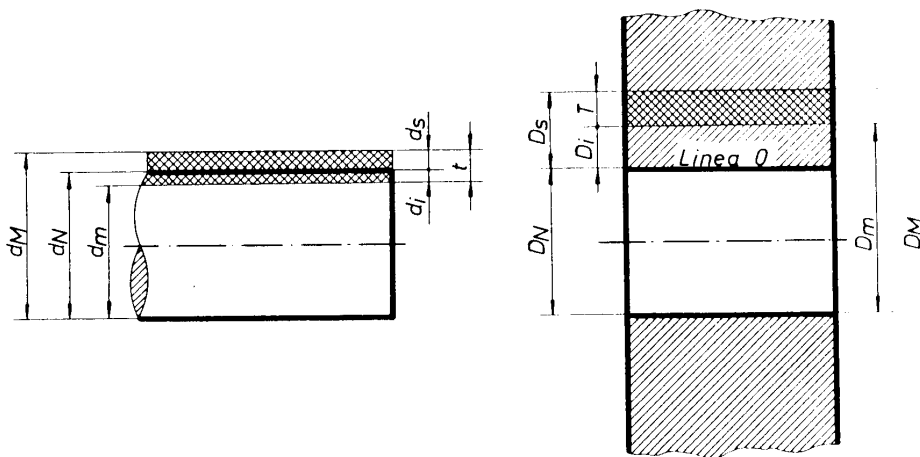
$$JM = DM - dm$$

**Juego mínimo:** diferencia entre la dimensión mínima del agujero y la máxima del eje.

$$Jm = Dm - dM$$

**Tolerancia del juego:** diferencia entre los juegos máximo y mínimo, que coincide con la suma de tolerancias de agujero y eje.

$$TJ = JM - Jm = T + t$$



En la figura se hace inevitable el uso de dos escalas diferentes, con frontera en la línea cero; una para dimensiones en mm (la escala principal del dibujo), y otra para las dimensiones en micrómetros (desviaciones y tolerancias), escala esta última que debe ser especificada en el dibujo.

**Aprieto:** valor absoluto de la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje, antes del montaje, cuando tal diferencia resulta negativa. Es decir:

$$A = * De - de * < 0$$

**Ajuste con aprieto fijo:** tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje resulta siempre negativa; lo que es lo mismo que decir que la tolerancia del agujero queda, en los dibujos, totalmente por debajo de la del eje. El grado de aprieto puede ser más o menos acusado.

**Aprieto máximo:** valor absoluto de la diferencia negativa entre la dimensión mínima del agujero y la máxima del eje.

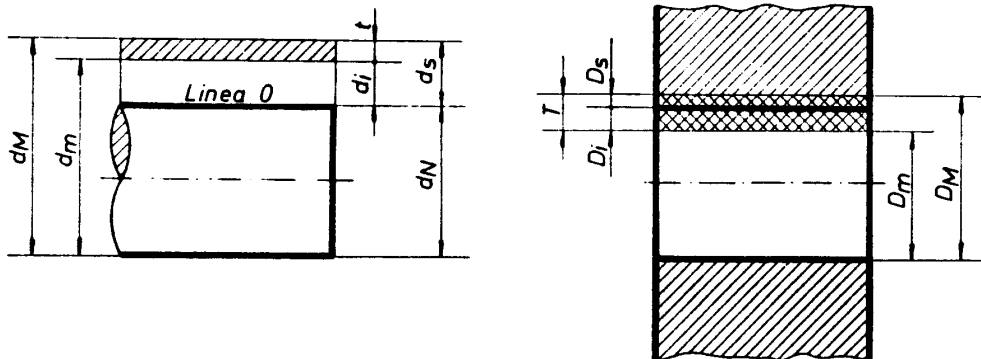
$$AM = * Dm - dM *$$

**Aprieto mínimo:** valor absoluto de la diferencia negativa entre la dimensión máxima del agujero y la mínima del eje.

$$Am = * DM - dm *$$

**Tolerancia del aprieto:** diferencia entre los aprietos máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias de agujero y eje.

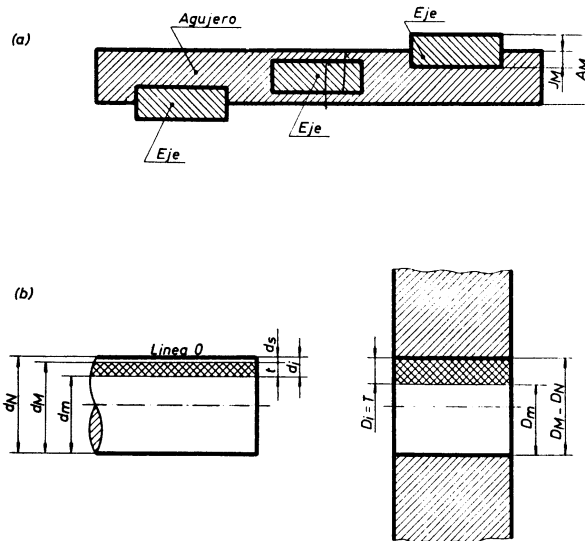
$$TA = AM - Am = T + t$$



**Ajuste indeterminado:** es un ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje puede resultar tanto positiva como negativa; o sea, de cada montaje concreto, puede resultar tanto un juego como un aprieto. Las zonas de tolerancia de agujero y eje tienen una intersección no nula.

**Tolerancia del ajuste indeterminado:** en estos ajustes la tolerancia es la suma del juego máximo y del aprieto máximo, suma coincidente con la suma de las tolerancias de agujero y eje como en los casos anteriores.

$$TI = JM + AM = T + t$$

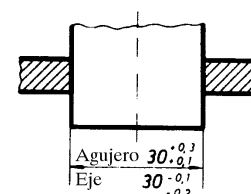


## Notaciones

De acuerdo con lo visto anteriormente, existe la posibilidad de efectuar una designación simbólica de los ajustes en los dibujos, indicando ambas tolerancias de agujero y eje, bien por medio de cifras, bien con símbolos ISO.

La figura siguiente contiene la representación de un ajuste con las tolerancias indicadas con cifras.

Obsérvese que, aunque en general la colocación de cotas por debajo de la línea de cota va en contra de los convenios establecidos por las normas

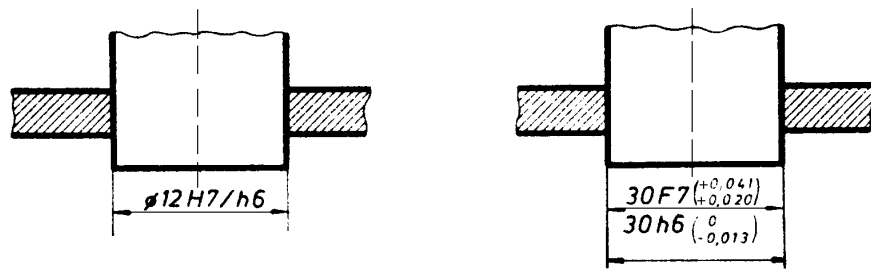


vigentes UNE 1-039-75 e ISO 129-1985, el método usado en la figura está no obstante permitido en este caso.

La representación de un ajuste, utilizando símbolos ISO, sería la de la figura siguiente. En primer lugar se pone la dimensión nominal común (con el  $\phi$  de diámetro o sin él, según se trate o no de un diámetro) seguido de los identificadores de posición y calidad del agujero y, finalmente, los identificadores del eje.

Otras dos maneras, correctas y equivalentes a “ $\phi 12 H7/h6$ ”, de designar el ajuste de la anterior figura serían:

$$\phi 12 H7/h6 \quad \text{ó} \quad \phi 12 \frac{H7}{h6}$$



La representación con dos líneas de cota es una forma redundante para la designación del ajuste; puede ser usada si por cualquier motivo interesa. Obviamente las diferencias no son independientes de los símbolos ISO.

## Sistema ISO de ajuste

Todo conjunto sistemático de ajustes entre ejes y agujeros, perteneciente a un sistema de tolerancias, es conocido como “**sistema de ajuste**”.

Dada la enorme variedad de ajustes posibles combinando diámetros, posiciones y calidades, el uso de todas las posibilidades daría lugar a una superabundancia de utensilios y calibres de verificación, con el consiguiente coste económico. Con objeto de reducir al mínimo el número de ajustes recomendados posibles, ISO simplifica la cuestión al establecer dos únicos sistemas de ajustes.

- Sistema de *agujero base* o *agujero único*
- Sistema de *eje base* o *eje único*

### a) *Sistema de agujero base*

Se llama *agujero base* al agujero escogido como base de un sistema de ajuste; en el sistema ISO es un agujero cuya diferencia inferior es nula, es decir, la zona de tolerancia está en la posición  $H$ .

De acuerdo a lo anterior, el sistema *agujero base* está constituido por un conjunto de ajustes en el que los diversos juegos o aprietos se consiguen asociando a un agujero, con zona de tolerancia en posición constante  $H$ , un eje con posición variable. En principio la calidad del agujero también es una variable.

De los acoplamientos que siguen, resultan siempre ajustes con juego:

**Agujero:      H**

**Eje:** a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h

De estos otros resulta siempre un ajuste fijo:

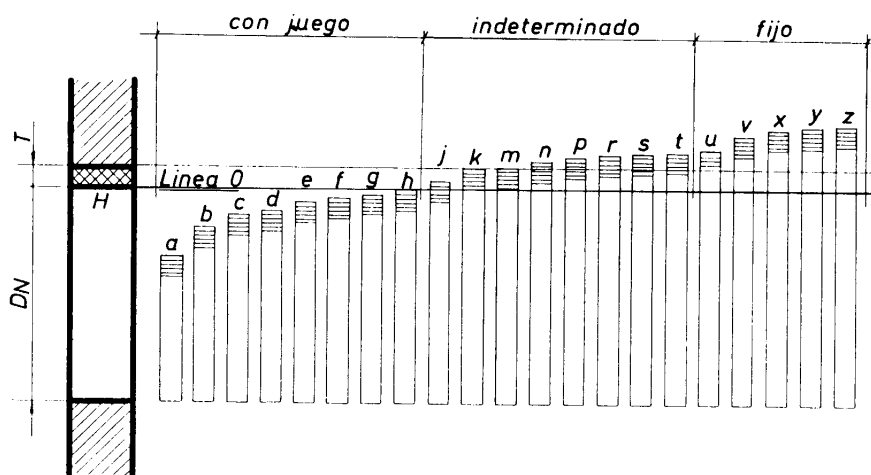
**Agujero:** H  
**Eje:** u, v, x, y, z, za, zb, zc

Y de los siguientes ajuste indeterminado:

**Agujero:** H  
**Eje:** k, m, n, p, r, s, t, u,

El “agujero H/eje a” sería el ajuste con mayor juego y el “agujero H/eje zc” el de mayor aprieto.

### AJUSTES



#### b) Sistema de eje base

Se llama *eje base* o *eje único* al eje elegido como base de un sistema de ajuste; en el sistema ISO es el eje de diferencia superior nula, o sea, cuya zona de tolerancia está siempre en la posición *h*.

De acuerdo con lo anterior, el sistema *eje base* es un conjunto sistemático de ajustes en el cual los diversos aprietos o juegos se consiguen asociando a un eje, con zona de tolerancia en posición constante “h”, un agujero con diferentes posibles posiciones. En principio la calidad del eje es variable.

De los acoplamientos siguientes, se obtiene siempre un ajuste móvil:

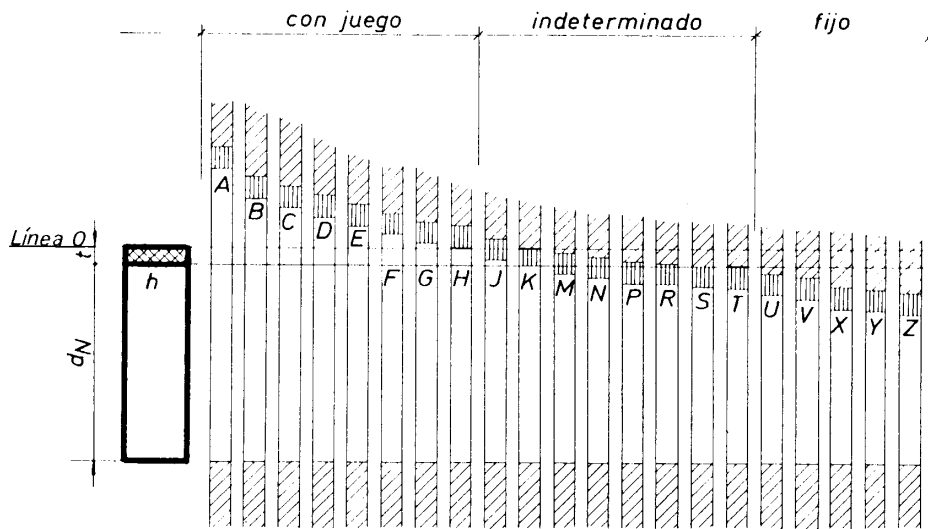
**Agujero:** A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H  
**Eje:** h

De otros montajes deriva casi siempre, en cambio, un ajuste fijo:

**Agujeros:** N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC  
**Eje:** h

El ajuste “agujero A/eje h” tiene el mayor juego y el ajuste “agujero ZC/eje h” el mayor aprieto.

## AJUSTES



Los demás montajes pueden ser indeterminados o fijos, en función de las posiciones y de los índices de calidad de las piezas o elementos que van acoplar.

### c) Sistema mixto

Normalmente se debe adoptar el sistema de agujero único, y a veces, el de eje único. Sin embargo, en determinadas ocasiones es necesario emplear el *sistema mixto*, en el cual se obtiene los juegos y aprietos haciendo variar simultáneamente los límites de los agujeros y ejes.

En este sistema ni el agujero ni el eje coinciden en ninguna de sus cotas límites con la cota nominal, o sea, sus posiciones son distintas de las H o h.

### Juego y apriete medios

El conocimiento del *juego medio* da una idea del orden de magnitud del juego real que será obtenido.

$$J_{\text{medio}} = \frac{J_{\text{máx}} + J_{\text{mín}}}{2}$$

El juego medio se obtiene calculando la media entre los juegos límites. También se obtiene como la semidiferencia entre la suma algebraica de las diferencias del agujero y del eje.

### Elección de un ajuste

Se debe determinar el juego o apriete mínimo compatible con un funcionamiento correcto. Para un mayor ahorro en la fabricación y control se tiene hecho una selección más reducida aún de ajustes, dentro de los sistemas ISO de agujero y eje único.

## Ajustes seleccionados y preferentes

Tipo	Calidad superficial	Sistema				Clase	Características
		Agujero base		Eje base			
		Agujero	Eje	Eje	Agujero		
Fino	N5 ÷ N8	H7	s6/r6	h6	s7/r7	Prensado	Montaje a presión No seguro de giro
			n6		N7	Forzado duro	Montaje difícil Seguro de giro
			k6		K7	Forzado medio	Montaje martillo Seguro de giro y deslizamiento
			j6		J7	Forzado ligero	Montaje a mano Ambos seguros
			h6		H7	Deslizante	
			g6		G7	Giratorio	Juego pequeño
			f7		F8	Holgado	Juego mediano
Medio	N9	H8	h9	h9	H9	Deslizante	
			e8		E9	Giratorio	Juego mediano
			d9		D10	Holgado	Juego amplio
Basto	N10 ÷ N11	H11	h11	h11	H11	Deslizante	
			d9		D10	Giratorio	Juego mediano
			e11		E11	Holgado	Juego amplio
			a11		A11	Muy holgado	

Determinado el ajuste mínimo compatible con el funcionamiento, se escoge, a poder ser, de entre los ajustes preferentes, el que más se aproxime a lo calculado.

El sistema agujero base es de empleo preferente y, por lo tanto, más frecuente que el sistema eje base, básicamente porque es más fácil modificar tolerancias (mecanizar en general) de un eje que de un agujero; en el caso del eje se trabaja sobre una superficie exterior y en el caso de un agujero sobre una superficie interior. Sin embargo, presenta el inconveniente de que es más caro un verificador para ejes que para agujeros, por lo que la elección será función de las necesidades impuestas.

Para facilitar el mecanizado, y como norma general a seguir, se asocia a un agujero de una cierta calidad dada, un eje de índice de calidad inmediatamente inferior (es decir, calidad inmediatamente superior) o al menos igual. Por ejemplo, H7/n6, N7/h6, H7/h7, etc.

En estos tipos de ajustes pueden ser permutadas entre sí las letras que designan la posición, sin que se vea alterado el tipo de ajuste. Por ejemplo, G6/n5 equivale a N6/g5, "H7/g6" equivale a "G7/h6", "H7/n6" equivale a "N7/h6", etc.

Para establecer las dimensiones normalizadas de un agujero y de un eje, de diámetro nominal  $D$ , que deben ajustar entre sí, presentando en todos los casos un *ajuste idóneo* entre dos límites impuestos, se sigue el siguiente procedimiento:

1.- Se determina el valor de la tolerancia del ajuste, mediante la expresión

$$T_{\text{ajuste}} = J_{\text{máx}} - J_{\text{mín}} \quad (\text{juego})$$

$$T_{\text{ajuste}} = A_{\text{máx}} - A_{\text{mín}} \quad (\text{apriete})$$

$$T_{\text{ajuste}} = J_{\text{máx}} + A_{\text{mín}} \quad (\text{indeterminado})$$

2.- Se divide la tolerancia del ajuste en dos tolerancias normalizadas, tales que:  
 $iT \neq iT$

$$\text{Si } iT = n \quad \text{Y} \quad it = n, (n-1), (n-2)$$

3.- Aplicando los sistemas *agujero base*, *eje base*, o *sistema mixto*, se determinan las dimensiones normalizadas del agujero y el eje.

4.- El ajuste idóneo será aquel cuyos límites máximos y mínimos estén más próximos (o sean iguales) a los límites impuestos.

5.- Si resultarán varios ajustes idóneos, se seleccionarán el que más se aproxime al juego medio.

## Montaje y desmontaje de piezas

Cuanto más duros son los montajes, más precisan evidentemente de ayudas para montar y desmontar las piezas. Según la dureza pueden ser montados a mano, con mazos y martillos, con prensas de tornillo o con prensas hidráulicas. Puede que sea también necesaria alguna ayuda adicional, como el calentamiento, la fijación de una de las dos piezas o el tallado de un cono de entrada de unos 10° en el extremo de la pieza macho.

De la misma forma el desmontaje puede ser hecho también a mano, con algún tipo de extractor o ser necesaria la prensa.

En relación con la tabla referente a los ajustes seleccionados y preferentes, podemos indicar los siguientes ejemplos de aplicación, de ninguna manera exhaustivos:

**Fino prensado:** Casquillos y coronas de bronce, acoplamientos en extremos de ejes, etc.

**Fino forzado duro:** Casquillos de bronce, manguitos en cubos, collares calados sobre ejes, etc.

**Fino forzado medio:** Rodamientos a bolas, discos de excéntrica, poleas y volantes, manivelas, etc.

**Fino forzado ligero:** Piezas de máquinas herramientas y otras desmontables con frecuencia, etc.

**Fino deslizante:** Engranajes de cambios de velocidad, piezas importantes de máquinas herramientas, etc.

**Fino giratorio:** Émbolos, bridas, collares de retención, anillos de rodamientos, etc.

**Fino holgado:** Cojinetes de bielas, ruedas dentadas de cajas de cambios, etc.

**Medio deslizante:** Poleas fijas, manivelas y acoplamientos deslizantes sobre el eje, etc.

**Medio holgado:** Soportes de ejes, poleas locas, piezas de centrado, etc.

**Basto deslizante:** Piezas de maquinaria agrícola, piezas de distancia, etc.

**Basto giratorio:** Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas y manivelas desmontables, etc.

**Basto holgado:** cojinetes de máquinas domésticas, pasadores ejes, de interruptores, etc.

**Basto muy holgado:** piezas de locomotoras, cojinetes de ejes de freno, etc.



**PROBLEMA GENERAL:**

*Establecer las dimensiones normalizadas de un agujero y un eje de diámetro nominal  $D$ , que deben ajustarse entre sí, presentando en todos los casos un juego o un aprieto situados en los límites impuestos,  $J_{min}$  y  $J_{max}$ .  $A_{max}$  y  $A_{min}$ .*

*1º) Se determina primeramente el valor de la tolerancia de ajuste máxima, calculando la diferencia  $TA = J_{max} - J_{min}$ .*

*2º) Se divide en dos tolerancias normalizadas para el agujero  $TA/2$ .*

*3º) Se escoge un agujero cuya calidad corresponde a la tolerancia  $IT$  y eje  $IT'$  ( $n-1$ ) y como aximo ( $n-2$ ).*

*En la mayoría de los casos se toma agujero único*

**Juego**

*$J_{min} = D_i - d_s$ , buscamos por tablas  $d_s$  en una posición de eje igual o lo mas cercana posible y aplicamos:*

*$d_i = d_s - t$  y obtenemos  $d_i$ .*

*Aplicamos  $J_{max} = D_s - d_i$  ;  $J_{min} = D_i - d_s$  y si vale ya tenemos el ajuste idóneo. Si no tendremos que realizar otro tanteo.*

**Aprieto**

*$A_{min} = d_i - D_s$ , buscamos por tablas  $d_i$  una posición de eje igual o lo mas cercana posible*

*y aplicamos:*

*$d_i = A_{min} - D_s$*

*Aplicamos  $A_{max} = d_s - D_i$  ;  $A_{min} = d_i - D_s$  y si vale tenemos el ajuste idóneo*