
TOLERANCIAS NORMALIZADAS ISO

INTRODUCCION

El Comité Internacional de Normalización ISO, constituido por numerosos países, estudió y fijó el método racional para la aplicación de las tolerancias dimensionales en la fabricación de piezas. En dicho estudio se puede considerar:

- a) Una serie de diámetros o dimensiones normalizadas a las que se aplican las tolerancias.
- b) Las tolerancias fundamentales y zonas de tolerancias.
- c) La posición de las zonas de tolerancias con referencia a las medidas constructivas.

GRUPOS DIMENSIONALES

Los diámetros nominales se han subdividido en grupos dimensionales con el fin de:

1. Reducir el número de herramientas, calibres y demás elementos constructivos utilizados en la fabricación.
2. Evitar el cálculo de tolerancias y desviaciones para cada diámetro.

TOLERANCIAS FUNDAMENTALES

Se han previsto 18 grados de precisión o índices de tolerancia (IT), designados por las siglas IT 01, IT 0, IT 1, ..., IT 16, representativos de la calidad de la tolerancia, desde la más fina hasta la más basta, cuyos valores numéricos están calculados para cada grupo de diámetros nominales, constituyendo las tolerancias fundamentales del sistema.

La amplitud de la zona de tolerancia (que por razones de fabricación ha de ser la mayor posible), varía según la utilización o servicio de la pieza fabricada, a cuyo efecto están establecidas las 18 calidades o series de tolerancias fundamentales aplicables a una misma dimensión o medida.

En la siguiente tabla se observa cómo para una determinada medida nominal (grupo dimensional), la magnitud de la tolerancia aumenta al hacerlo también el índice de tolerancia, es decir, disminuye la precisión. A su vez, para un determinado índice de tolerancia, la magnitud de la tolerancia aumenta al hacerlo también la medida nominal.

Las calidades IT01 a IT3 para ejes y las calidades IT01 a IT4 para agujeros, están destinadas a calibres y piezas de alta precisión.

Las calidades IT4 a IT11 para ejes y las calidades IT5 a IT11 para agujeros, están destinadas a parejas de piezas que han de ajustar al ser montadas.

Las calidades superiores a IT11, tanto para ejes como para agujeros, están destinadas para piezas o elementos aislados y que no requieren, por tanto, de una exactitud dimensional tan precisa.

TOLERANCIAS NORMALIZADAS ISO

VALORES NUMERICOS DE LAS TOLERANCIAS FUNDAMENTALES
(valores en μm)

| Grupos de Diámetros (mm) | CALIDADES | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 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 |
| Hasta 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 |

APLICACION DE TOLERANCIAS A LOS PROCESOS DE FABRICACION

| Tolerancias IT | 16-12 | 11-9 | 8-7-6 | 5-4-3-2-1-0-01 |
|--------------------------|-------|------|-------|----------------|
| Moldeado en arena | ■ | ■ | | |
| Moldeado en cera | | | ■ | |
| Moldeado en coquilla | | ■ | ■ | |
| Moldeo bajo presión | | | ■ | |
| Estampado en caliente | | ■ | ■ | |
| Laminado en caliente | | ■ | ■ | |
| Extrusión en caliente | | ■ | ■ | |
| Laminado en frío | | | ■ | |
| Trefilado en frío | | | ■ | |
| Serrado | | ■ | ■ | |
| Oxi-corte | ■ | ■ | | |
| Cepillado | | ■ | ■ | |
| Fresado acero rápido | | ■ | ■ | |
| Fresado metal duro | | | ■ | |
| Torneado desbaste | ■ | ■ | | |
| Torneado acabado | | ■ | ■ | |
| Torneado diamante | | | | ■ |
| Taladrado con broca | | ■ | ■ | |
| Mandrinado | | ■ | ■ | |
| Escariado | | ■ | ■ | |
| Mandrinado diamante | | | | ■ |
| Brochado | | ■ | ■ | |
| Tallado | | | ■ | |
| Rectificado desbaste | ■ | ■ | | |
| Rectificado producc. | | ■ | ■ | |
| Rectificado de precisión | | | ■ | |
| Honing-bruñido | | | ■ | |
| Laping-lapeado | | | ■ | |
| Pulido mecánico | | | ■ | |
| Pulido electrolítico | | | | ■ |
| Superacabado | | | | ■ |
| Mecanizado electrolítico | | | ■ | |
| Acabado con rodillos | | | ■ | |
| Acabado en tonel | | | ■ | |

POSICIONES DE LAS TOLERANCIAS

El sistema de tolerancias normalizadas ISO establece una serie de posiciones de la tolerancia con respecto a la línea cero, dependientes de la medida nominal, fijadas por medio de fórmulas empíricas.

Para poder satisfacer las necesidades corrientes de ajustes se ha previsto para cada grupo dimensional, toda una gama de diferencias que definen la posición de las tolerancias con respecto a la línea cero.

Las notaciones para las diferencias o desviaciones son las siguientes:

DS: desviación o diferencia superior del agujero.

DI: desviación o diferencia inferior del agujero.

ds: desviación o diferencia superior del eje.

di: desviación o diferencia inferior del eje.

DESVIACION O DIFERENCIA FUNDAMENTAL. Diferencia elegida para definir la posición de la tolerancia con respecto a la línea cero. Se adopta como diferencia fundamental, la más próxima a dicha línea.

Cada posición de la tolerancia viene simbolizada por una letra (a veces dos), mayúsculas para los agujeros y minúsculas para los ejes.

POSICIONES PARA LOS EJES. En el caso de ejes, las zonas de tolerancia situadas por debajo de la línea cero se indican con las letras *a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h*. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va disminuyendo desde la posición *a* hasta la *h*.

Por su parte, las zonas de tolerancia situadas por encima de la línea cero se indican con las letras *k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc*. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va aumentando desde la posición *k* hasta la *zc*.

Las zonas de tolerancia situadas por encima y por debajo de la línea cero se indican con la letra *j*, posición asimétrica de la tolerancia con respecto a la línea cero, y *js* para la posición simétrica de la tolerancia con respecto a la línea cero.

Para cada símbolo literal que define la posición de la zona de tolerancia, el valor absoluto y el signo de la diferencia fundamental (diferencia superior *ds* para las posiciones *a* á *h* y diferencia inferior *di* para las posiciones *j* á *zc*) se determinan mediante fórmulas empíricas, cuyos resultados se pueden consultar en la siguiente tabla.

La otra diferencia se deduce de la diferencia fundamental (ver tabla) sumando o restando el valor absoluto de la tolerancia *IT* por medio de las relaciones algebraicas siguientes:

$$di=ds-IT$$

ó

$$ds=di+IT$$

Observación: salvo para los ejes *j, js* y *k*, los valores de las diferencias fundamentales son independientes de la calidad de la tolerancia elegida y corresponden a la posición más próxima a la línea cero.

Diferencias fundamentales para ejes (Valores en μm)

| Símbolo | Posición | a * | b * | c | cd | d | e | ef | f | fg | g | h | is** | i | k | m | n | p | r | s | t | u | v | x | y | z | za | zb | zc | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------|------------------------|-----|----|-------|---------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| | Calidad | Todas las calidades | | | | | | | | | | | | 5 y 6 | 7 | 8 | 4 a 7 | Todas las calidades | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diferencia fundamental | Diferencia superior ds | | | | | | | | | | | | | Diferencia inferior di | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grupos de diámetros (mm) | < 3 | -270 | -140 | -60 | -34 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | -2 | 0 | diferencia ds = di = $\frac{IT}{2}$ | -2 | -4 | -6 | 0 | 0 | +2 | +4 | +6 | +10 | +14 | - | +18 | - | +20 | - | +26 | +32 | +40 | +60 | | | |
| | > 3 a 6 | -270 | -140 | -70 | -46 | -30 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | 0 | | -2 | -4 | - | +1 | 0 | +4 | +8 | +12 | +15 | +19 | - | +23 | - | +28 | - | +35 | +42 | +50 | +80 | | | |
| | > 6 a 10 | -280 | -150 | -80 | -56 | -40 | -25 | -18 | -13 | -8 | -5 | 0 | | -2 | -5 | - | +1 | 0 | +6 | +10 | +15 | +19 | +23 | - | +28 | - | +34 | - | +42 | +52 | +67 | +97 | | | |
| | > 10 a 14 | -290 | -150 | -95 | - | -50 | -32 | - | -16 | - | -6 | 0 | | -3 | -6 | - | +1 | 0 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 | - | +33 | - | +40 | - | +50 | +64 | +90 | +130 | | | |
| | > 14 a 18 | -290 | -150 | -95 | - | -50 | -32 | - | -16 | - | -6 | 0 | | -3 | -6 | - | +1 | 0 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 | - | +33 | - | +39 | +45 | - | +60 | +77 | +108 | +150 | | |
| | > 18 a 24 | -300 | -160 | -110 | - | -65 | -40 | - | -20 | - | -7 | 0 | | -4 | -8 | - | +2 | 0 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | - | +41 | +47 | +54 | +63 | +73 | +98 | +136 | +188 | | | |
| | > 24 a 30 | -300 | -160 | -110 | - | -65 | -40 | - | -20 | - | -7 | 0 | | -4 | -8 | - | +2 | 0 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | - | +41 | +47 | +54 | +63 | +73 | +98 | +136 | +188 | | | |
| | > 30 a 40 | -310 | -170 | -120 | - | -80 | -50 | - | -25 | - | -9 | 0 | | -5 | -10 | - | +2 | 0 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +48 | +60 | +68 | +80 | +94 | +112 | +148 | +200 | +274 | | | |
| | > 40 a 50 | -320 | -180 | -130 | - | -80 | -50 | - | -25 | - | -9 | 0 | | -5 | -10 | - | +2 | 0 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +48 | +60 | +68 | +80 | +94 | +112 | +148 | +200 | +274 | | | |
| | > 50 a 65 | -340 | -190 | -140 | - | -100 | -60 | - | -30 | - | -10 | 0 | | -7 | -12 | - | +2 | 0 | +11 | +20 | +32 | +41 | +53 | +66 | +87 | +102 | +122 | +144 | +172 | +226 | +300 | +405 | | | |
| | > 65 a 80 | -360 | -200 | -150 | - | -100 | -60 | - | -30 | - | -10 | 0 | | -7 | -12 | - | +2 | 0 | +11 | +20 | +32 | +41 | +53 | +66 | +87 | +102 | +122 | +144 | +172 | +226 | +300 | +405 | | | |
| | > 80 a 100 | -380 | -220 | -170 | - | -120 | -72 | - | -36 | - | -12 | 0 | | -9 | -15 | - | +3 | 0 | +13 | +23 | +37 | +43 | +59 | +75 | +102 | +120 | +146 | +174 | +210 | +274 | +360 | +480 | | | |
| | > 100 a 120 | -410 | -240 | -180 | - | -120 | -72 | - | -36 | - | -12 | 0 | | -9 | -15 | - | +3 | 0 | +13 | +23 | +37 | +43 | +59 | +75 | +102 | +120 | +146 | +174 | +210 | +274 | +360 | +480 | | | |
| | > 120 a 140 | -460 | -260 | -200 | - | -145 | -85 | - | -43 | - | -14 | 0 | | -11 | -18 | - | +3 | 0 | +15 | +27 | +43 | +43 | +63 | +92 | +122 | +170 | +202 | +248 | +300 | +365 | +470 | +620 | +800 | | |
| | > 140 a 160 | -520 | -280 | -210 | - | -145 | -85 | - | -43 | - | -14 | 0 | | -11 | -18 | - | +3 | 0 | +15 | +27 | +43 | +43 | +63 | +92 | +122 | +170 | +202 | +248 | +300 | +365 | +470 | +620 | +800 | | |
| | > 160 a 180 | -580 | -310 | -230 | - | -145 | -85 | - | -43 | - | -14 | 0 | | -11 | -18 | - | +3 | 0 | +15 | +27 | +43 | +43 | +63 | +92 | +122 | +170 | +202 | +248 | +300 | +365 | +470 | +620 | +800 | | |
| | > 180 a 200 | -660 | -340 | -240 | - | -170 | -100 | - | -50 | - | -15 | 0 | | -13 | -21 | - | +4 | 0 | +17 | +31 | +50 | +50 | +80 | +130 | +180 | +258 | +310 | +385 | +470 | +575 | +740 | +960 | +1250 | | |
| | > 200 a 225 | -740 | -380 | -260 | - | -170 | -100 | - | -50 | - | -15 | 0 | | -13 | -21 | - | +4 | 0 | +17 | +31 | +50 | +50 | +80 | +130 | +180 | +258 | +310 | +385 | +470 | +575 | +740 | +960 | +1250 | | |
| | > 225 a 250 | -820 | -420 | -280 | - | -190 | -110 | - | -56 | - | -17 | 0 | | -16 | -26 | - | +4 | 0 | +20 | +34 | +56 | +56 | +84 | +140 | +196 | +284 | +340 | +425 | +520 | +640 | +820 | +1050 | +1350 | | |
| | > 250 a 280 | -920 | -460 | -300 | - | -190 | -110 | - | -56 | - | -17 | 0 | | -16 | -26 | - | +4 | 0 | +20 | +34 | +56 | +56 | +84 | +140 | +196 | +284 | +340 | +425 | +520 | +640 | +820 | +1050 | +1350 | | |
| > 280 a 315 | -1050 | -540 | -330 | - | -190 | -110 | - | -56 | - | -17 | 0 | -16 | -26 | - | +4 | 0 | +20 | +34 | +56 | +56 | +84 | +140 | +196 | +284 | +340 | +425 | +520 | +640 | +820 | +1050 | +1350 | | | | |
| > 315 a 355 | -1200 | -600 | -360 | - | -210 | -125 | - | -62 | - | -18 | 0 | -18 | -28 | - | +4 | 0 | +21 | +37 | +62 | +62 | +108 | +190 | +268 | +390 | +475 | +590 | +730 | +900 | +1150 | +1500 | +1900 | | | | |
| > 355 a 400 | -1350 | -680 | -400 | - | -210 | -125 | - | -62 | - | -18 | 0 | -18 | -28 | - | +4 | 0 | +21 | +37 | +62 | +62 | +108 | +190 | +268 | +390 | +475 | +590 | +730 | +900 | +1150 | +1500 | +1900 | | | | |
| > 400 a 450 | -1500 | -760 | -440 | - | -230 | -135 | - | -68 | - | -20 | 0 | -20 | -32 | - | +5 | 0 | +23 | +40 | +68 | +68 | +126 | +232 | +330 | +490 | +595 | +740 | +920 | +1100 | +1450 | +1850 | +2400 | | | | |
| > 450 a 500 | -1650 | -840 | -480 | - | -230 | -135 | - | -68 | - | -20 | 0 | -20 | -32 | - | +5 | 0 | +23 | +40 | +68 | +68 | +126 | +232 | +330 | +490 | +595 | +740 | +920 | +1100 | +1450 | +1850 | +2400 | | | | |

POSICIONES PARA LOS AGUJEROS. En el caso de los agujeros, las zonas de tolerancia situadas por encima de la línea cero se indican con las letras *A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H*. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va disminuyendo desde la posición *A* hasta la *H*.

Por su parte, las zonas de tolerancia situadas por debajo de la línea cero se indican con las letras *K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC*. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va aumentando desde la posición *J* hasta la *ZC*.

Las zonas de tolerancia situadas por encima y por debajo de la línea cero se indican con la letra *J*, posición asimétrica de la tolerancia con respecto a la línea cero, y *Js* para la posición simétrica de la tolerancia con respecto a la línea cero.

Para cada símbolo literal que define la posición de la zona de tolerancia, el valor absoluto y el signo de la diferencia fundamental (diferencia inferior *DI* para las posiciones *A* á *H* y diferencia superior *DS* para las posiciones *J* á *ZC*) se determinan mediante fórmulas empíricas, cuyos resultados se pueden consultar en las siguientes tablas.

La otra diferencia se deduce de la diferencia fundamental (ver tablas) sumando o restando el valor absoluto de la tolerancia *IT* por medio de las relaciones algebraicas siguientes:

$$DI=DS-IT$$

ó

$$DS=DI+IT$$

Observación: Las posiciones de las tolerancias de los agujeros son simétricas respecto a la línea cero con las posiciones homónimas de los ejes; existen, sin embargo, algunas excepciones.

