

Manual de Contenido
del Participante

Tolerancias y Ajustes



Propósito y Objetivos de este Manual

Este manual tiene como propósito el reconocimiento de la importancia que tienen las tolerancias y los ajustes en la normalización de las piezas mecánicas.

Los objetivos de este manual se orientan al cumplimiento de los siguientes puntos:



Aplicar y reconocer las tolerancias y los ajustes en piezas o elementos mecánicos.



Identificar el correcto ensamblado de los elementos mecánicos.



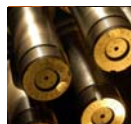
Reconocer la importancia de este trabajo para garantizar la calidad y la seguridad en los productos.

Es importante comprender las consecuencias que el desconocimiento de los conceptos y principios explicados en este manual puede ocasionar en el ambiente, seguridad y salud ocupacional y en la calidad del producto final.

Cómo Utilizar este Manual

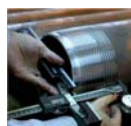
Este manual le enseña acerca de la función que cumplen las tolerancias dimensionales, las de forma y posición, así como también los ajustes, en las piezas mecánicas a unir.

En el manual usted puede encontrar explicación de conceptos, reflexiones, actividades, que son de gran utilidad para aprender, trabajar con sus compañeros y adquirir una nueva mirada que le permita implementar mejoras o cambios en su lugar de trabajo.



CAPÍTULO 1 Introducción

5



CAPÍTULO 2 Tolerancias

11



CAPÍTULO 3 Ajustes

43

El manual contiene pequeñas figuras que se repiten en todos los capítulos y que son una forma de organización de la información para hacer más fácil y dinámica la lectura. Estas figuras se denominan íconos.

A continuación hay una descripción de la utilización de cada ícono, es decir en qué oportunidad aparecen:



GLOSARIO

Explica términos y siglas.



RECUERDE

Refuerza un concepto ya mencionado en el texto del manual.



ANEXO

Profundiza conceptos.



MANTENIMIENTO

Resalta procedimientos necesarios de mantenimiento.



PREGUNTAS

Presenta preguntas disparadoras.



ATENCIÓN

Destaca conceptos importantes.



EJEMPLO

Ilustra con situaciones reales los temas tratados.



ACTIVIDAD

Señala el comienzo de un ejercicio que le permitirá reforzar lo aprendido.



EXAMEN FINAL

Señala el comienzo de la evaluación final.



FIN DE CAPÍTULO

Señala la finalización del capítulo.



FIN DE MANUAL

Señala la finalización del manual.

Introducción

TEMAS DEL CAPÍTULO 1

1.1 La Normalización	6
1.2 Intercambiabilidad	7
1.3 Medida Nominal	9

En este capítulo aprenderemos acerca de aspectos esenciales para las Tolerancias y los Ajustes, como la Normalización, la intercambiabilidad de las piezas y su Medida Nominal.



1.1 La Normalización

Uno de los aspectos más importantes de la normalización de las piezas mecánicas es el de las tolerancias y los ajustes. Sin la determinación de estas características sería imposible fabricar piezas que sean intercambiables.

¿Qué quiere decir que las piezas sean intercambiables?

Cuando se fabrican piezas en serie, por un lado, por ejemplo, se deben fabricar una gran cantidad de ejes por razones de economía y rapidez y, por otro lado, se deben fabricar los bujes para esos ejes. Tanto estos como los anteriores deberán cumplir ciertos requisitos a fin de que al asentar o ajustar unos con otros, puedan funcionar indistintamente del eje y del buje que se encajen.

Para que esto sea posible, deben cumplirse las siguientes condiciones:



Todas las piezas de una misma serie deben tener dimensiones iguales dentro de una determinada tolerancia.



El ajuste de las diferentes piezas de la misma serie debe hacerse sin retoque de ninguna clase.



Una pieza rota o desgastada por el uso debe poderse reemplazar rápidamente por otra de la misma clase.

Podemos decir entonces que la Normalización es un conjunto de normas que reglamentan un gran número de fenómenos a fin de ordenarlos.

En nuestro caso:

Norma es ...

- ... una misma solución adoptada para un problema que se repite.
- ... la determinación de reglas que especifican las dimensiones, la composición y las demás características que ha de tener una pieza.

PARA PENSAR



¿Sabía que la Normalización ha sido adoptada por todos los países industrialmente desarrollados? Los factores que más contribuyeron a su difusión fueron la producción en serie y la intercambiabilidad.

Con el objeto de hacer realidad el concepto de máxima eficiencia con el mínimo esfuerzo y con el mínimo costo, la normalización ahorra materiales y simplifica procedimientos constructivos. De esta manera, las normas fijan soluciones a problemas que se presentan repetitivamente.

Instituciones Normalizadoras.

Existen instituciones que son las que determinan las normas y los estándares de las dimensiones de las piezas. Estas instituciones están formadas por un grupo de personas de varios países o de uno solo que, en base a su experiencia, cuantifican los límites permisibles.

Entre ellos podemos mencionar:

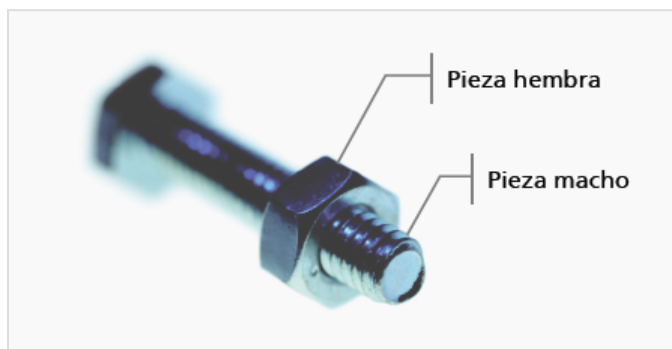
- El **Instituto Nacional Americano de Estándares**, cuyas siglas son **ANSI** (American National Standards Institute). Específicamente aplica para ajustes el ANSI B 4.1.
- Las **Normas Industriales Alemanas**, cuyas siglas son **DIN** (Doutch Industries Norms). De estas aplican las normas DIN 7154 y DIN 7155 para ajustes para agujero único y para eje único, respectivamente.
- Las **Normas ISO 2768** (International Organization for Standarization) que aplica para las tolerancias genéricas lineales y angulares.

1.2 Intercambiabilidad

Ya hemos introducido el tema de la intercambiabilidad como uno de los requisitos de gran importancia para la fabricación en serie.

Ahora veamos de qué se trata esto.

En construcción mecánica, se llama encaje al acoplamiento entre dos piezas, una interior y otra exterior.



EJEMPLO

Un eje y sus cojinetes, la superficie de cola de milano de una guía y el carro que se desliza sobre ella, o las superficies roscadas de un tornillo y su tuerca, son distintos ejemplos de encajes.

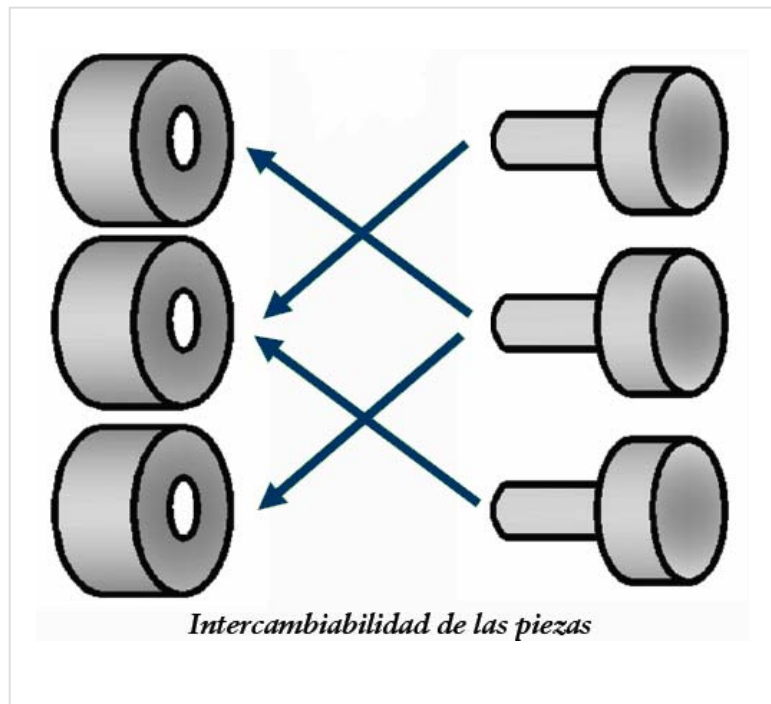


Los encajes deben ser, según los casos, más o menos ajustados. Es decir, las piezas que forman el encaje pueden tener un mayor o menor grado de libertad de movimiento. Por ejemplo, una rueda, de acuerdo a la función que tenga, debe poder girar sobre su eje o, por el contrario, estar fuertemente acoplada a él para que este le transmita su movimiento.

Para que los conjuntos mecánicos sean susceptibles de satisfacer las condiciones funcionales requeridas, es necesario que los distintos encajes existentes entre sus piezas respondan, en cada caso, a unas condiciones de ajuste determinadas.

La fabricación en serie no se puede basar en un sistema de ajuste individual y manual de cada par de piezas. Es necesario que las piezas sean **intercambiables**, es decir, que cualquier par de piezas que se utilicen para formar un acoplamiento, lo puedan realizar sin necesidad de ningún retoque.

La fabricación intercambiable desempeña un importante papel en la elaboración de productos técnicos en grandes series o en cantidades masivas. Además presenta las siguientes ventajas y requerimientos, que contribuyen al abaratamiento del producto:



Temple en agua o salmuera

Durante la fabricación se pueden utilizar dispositivos que simplifiquen el trabajo. En las distintas operaciones, las piezas se van ajustando al dispositivo de la operación subsiguiente.

La fabricación de las piezas puede hacerse con total independencia, en distintos talleres, por separado.

Las piezas se pueden montar directamente, sin tener que repararlas muchas veces, en líneas de montaje en cadena.

Temple en aceite

Establecer previamente el ajuste.

Determinar las dimensiones para que se obtengan los ajustes requeridos.

Adoptar las debidas precauciones para que las piezas se fabriquen de acuerdo con las cotas (dispositivos de medición y calibrado).

1.3 Medida Nominal

Para conocer la forma en que se indica una tolerancia o un ajuste, se debe tener conocimientos básicos de dibujo técnico. Por ejemplo, en las siguientes figuras, se representa un eje, conocido también como pieza macho, árbol o flecha, y un agujero, también denominado pieza hembra o barreno.

RECUERDE

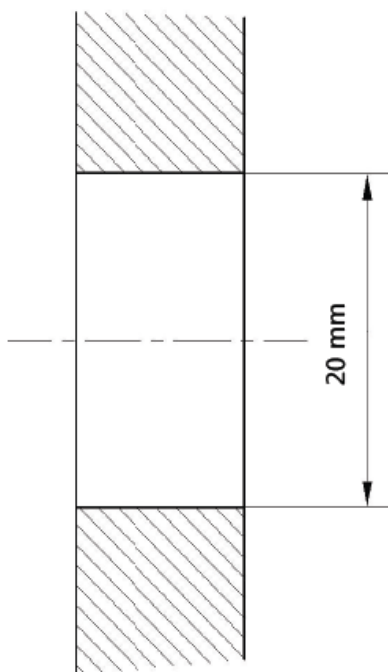


Eje = Pieza macho = Árbol = Flecha

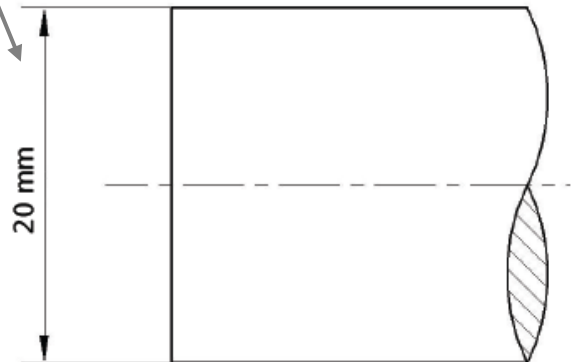
Agujero = Pieza hembra = Barreno

AGUJERO - PIEZA HEMBRA - BARRENO

EJE – ÁRBOL – PIEZA MACHO - FLECHA



Acotación
o cota



La forma en que se indica la medida se llama **acotación** o, simplemente, **cota**. Observe cómo la acotación para el agujero es interior y para el eje es exterior.

Si intentáramos que el eje de la figura anterior penetre en el agujero, tendríamos dos casos:

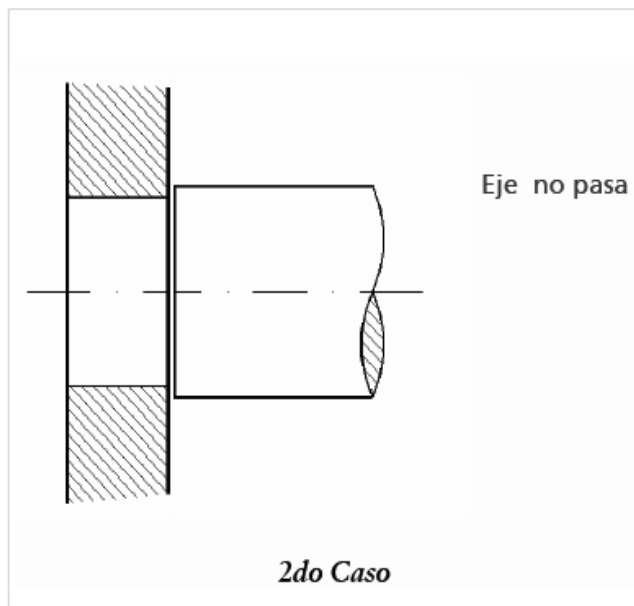
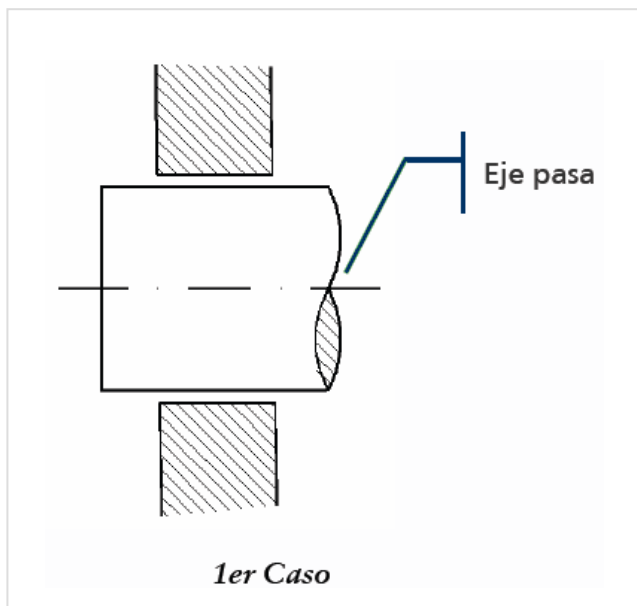
1

Que el eje fuera más chico o el agujero más grande. En este caso, el eje pasaría con facilidad.

2

Que el eje fuera más grande o el eje más chico. En este caso, el eje no pasaría.

Observemos los dos casos siguientes:



Si esto se presenta en dos piezas, ¿qué pasaría si tuviéramos que pasar por el mismo agujero 100 ejes?

Lo más probable es que algunas piezas entren y otras no. Esto se debe a que no existe una pieza que se fabrique con idénticas medidas, es decir, no todas las piezas tienen la misma medida. Para evitar esto se aplica una norma o regla que asegure que todas las piezas pasen o no pasen, según lo que se requiera. Esto se determina tomando como referencia la magnitud que el diseñador necesite. A dicha referencia se la llama “Medida Nominal”.

En los dos casos anteriores, la medida o dimensión nominal, tanto para el eje como para el agujero, es de 20 mm.

Medida Nominal = 20 mm

GLOSARIO



Medida Nominal o Medida de Diseño:

Es la medida de referencia a la que se aplican las tolerancias y que nos sirve para identificarla en los dibujos.

¡Felicitaciones!

Usted ha finalizado el capítulo 1.

A continuación se desarrollará el capítulo Tolerancias.

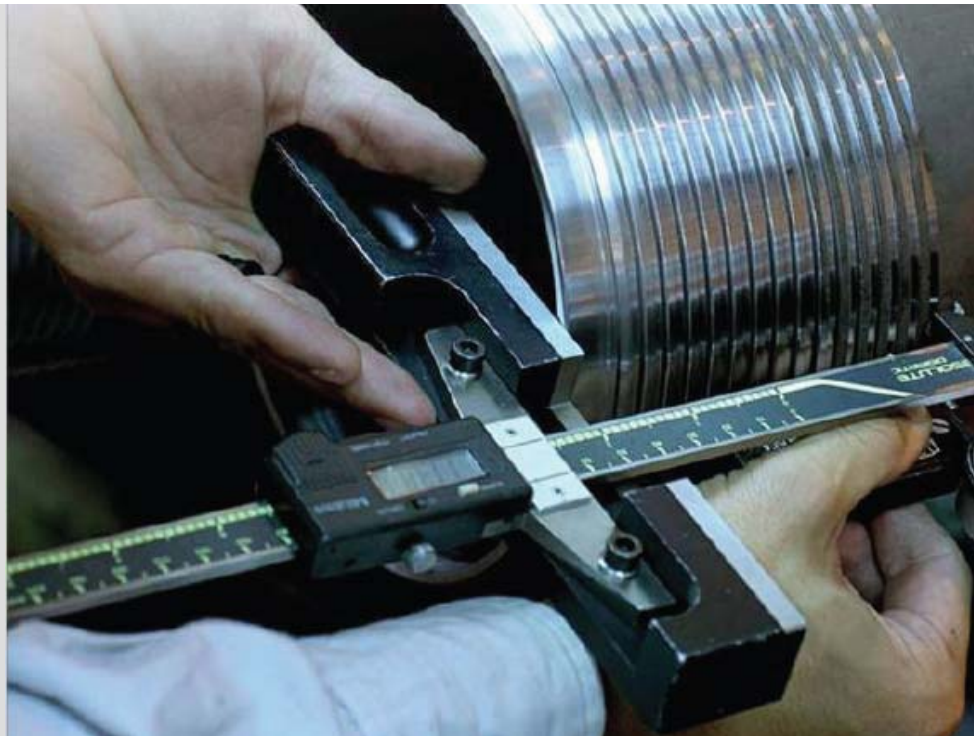


Tolerancias

TEMAS DEL CAPÍTULO 2

2.1 ¿Qué es la Tolerancia?	12
2.1.1 Representación de la Tolerancia	16
2.1.2 Grado o Calidad de Acabado	18
2.2 Verificación con Calibres de Tolerancia	28
2.2.1 Formas de los Calibres de Tolerancia	29
2.2.2 Manejo de los Calibres de Tolerancia	32
2.3 Tolerancias de Forma y Posición	35
2.3.1 Tolerancias de Forma	35
2.3.2 Tolerancias de Posición	35
2.3.3 Clases de Tolerancias de Forma y Posición	36
2.3.4 Anotación de las Tolerancias de Forma y Posición	37

En este capítulo 2 veremos cómo una adecuada elección de las tolerancias nos permite lograr que las piezas que forman un acoplamiento puedan ser intercambiables.



2.1 ¿Qué es la Tolerancia?

Comenzaremos el desarrollo del tema de las Tolerancias planteando una pregunta:

¿Cómo podemos lograr la intercambiabilidad?

La intercambiabilidad en la fabricación podríamos lograrla, técnicamente, acabando todas las piezas a unas medidas matemáticamente exactas y escogidas de tal forma que, entre las partes a encajar, hubiese una diferencia de dimensiones correspondiente a las condiciones de ajuste requeridas.

Sin embargo, esto es inaplicable en la práctica. ¿Por qué? porque es materialmente imposible construir una pieza cuyas dimensiones sean matemáticamente exactas o iguales a un valor prefijado.

Por lo tanto, la intercambiabilidad debe lograrse por otro camino: se deben fijar unos límites a las dimensiones reales que pueden tener las piezas que forman un acoplamiento y, mediante una adecuada elección de estos límites, se logra que los ajustes entre cualquier par de piezas respondan a las exigencias requeridas.

¿Qué es la Tolerancia?

Tolerancia es ...

... la variación que se permite en las dimensiones de una pieza con referencia a su medida nominal.

La tolerancia está comprendida entre dos límites:

- **Límite inferior:** indica la **medida mínima** que puede tener la dimensión.
- **Límite superior:** indica la **medida máxima** que puede tener la dimensión.

Para el estudio de las tolerancias, el límite inferior se puede representar por las letras **Li** y el límite superior, por las letras **Ls**. Veamos, ahora, otros conceptos:

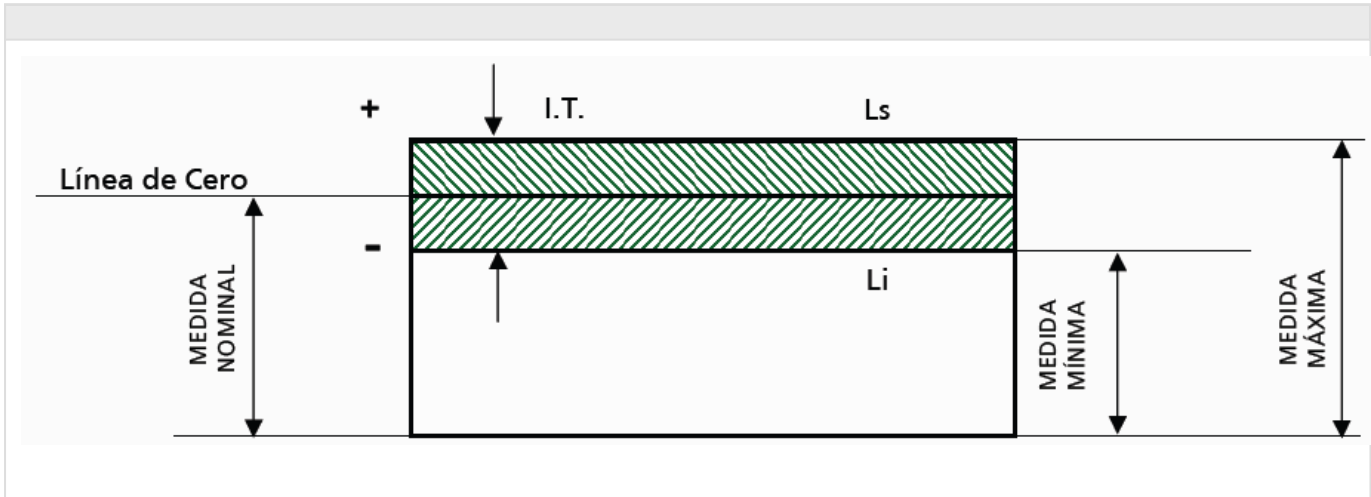
Dimensión Nominal

Es la medida que teóricamente debería tener la dimensión de una pieza, es decir, la indicada por la cota de aquella dimensión. Esta medida se toma como referencia de valor cero para contar las tolerancias por encima o por debajo de ella, y se le da el nombre de Línea de 0 (cero).

Dimensión Efectiva

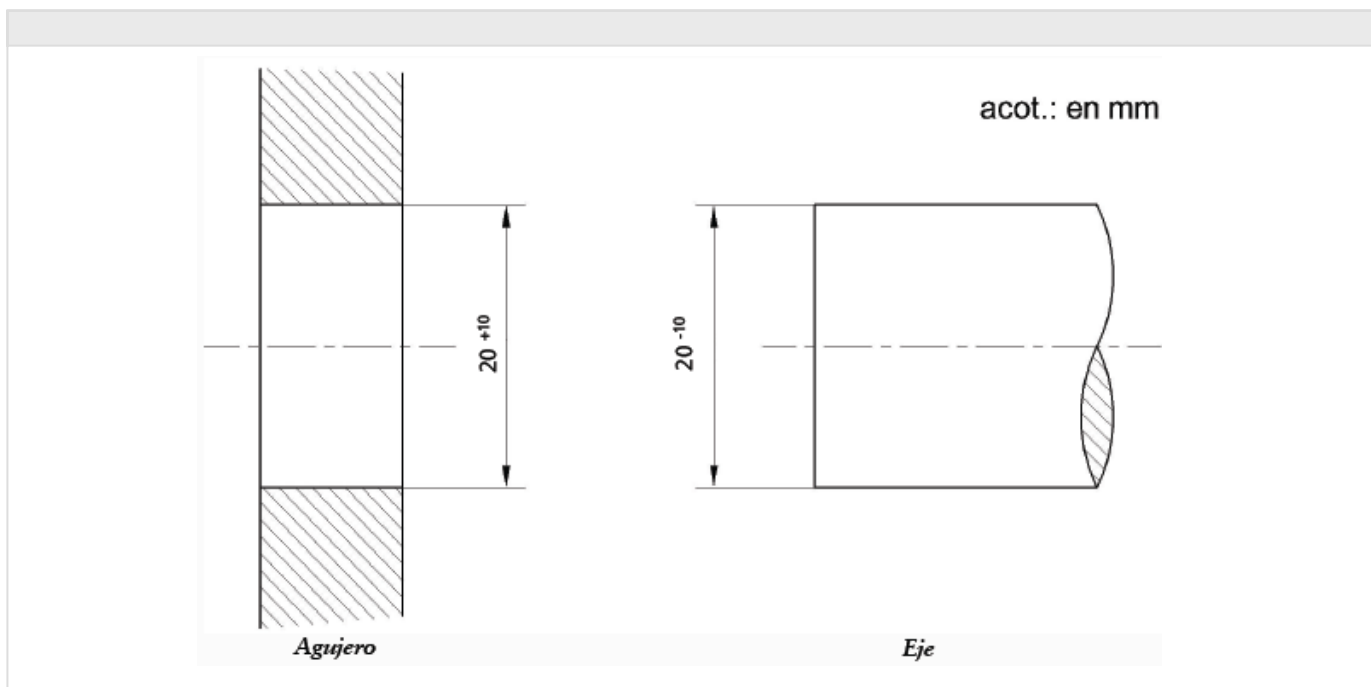
Es la medida de una dimensión real de una pieza ya fabricada.

Observémoslo en la siguiente figura:



El grado de ajuste de un encaje se caracteriza por la diferencia entre la dimensión efectiva de la pieza hembra (o agujero) y la dimensión efectiva de la pieza macho (o eje).

Si quisiéramos que los 100 ejes entraran en el mismo agujero, estableceríamos por norma que el agujero se fabricara con 10 milésimas de milímetro más grande que la medida nominal, y que los ejes se rectificaran con 10 milésimas de milímetro más chicos. Esto se representa de la siguiente manera:



Lo que estamos haciendo, es permitir una variación en la medida nominal para asegurar que los ejes pasen. Es decir, estamos dando una "tolerancia".

Cuando las tolerancias se dan a medidas acotadas en milímetros, se recomienda hacerlas en milésimas de milímetros (mm). Esta medida se conoce como micra y se representa con el siguiente signo:

$$\text{Micra} = \mu = 0.001 \text{ mm}$$

Las tolerancias se acostumbra escribirlas delante de la medida nominal. En el caso de los agujeros se escribe arriba y, si son ejes, abajo. Se pueden indicar con números enteros o con decimales. Por ejemplo:

$$\text{Agujero} = 20^{+10} = 20^{+0.010}$$

$$\text{Eje} = 20_{-10} = 20_{-0.010}$$

Veamos algunos conceptos más.

Si tomamos una de las supuestas 100 piezas y la medimos con un micrómetro, lo que obtenemos, es la “**Medida Real**”, que podría ser:

$$\text{Medida Real} \quad M_T = 19.995 \text{ mm}$$

GLOSARIO

MICRÓMETRO:
Instrumento de medición destinado a medir las dimensiones de un objeto con gran precisión, del orden de centésimas y de milésimas de milímetros (micra).



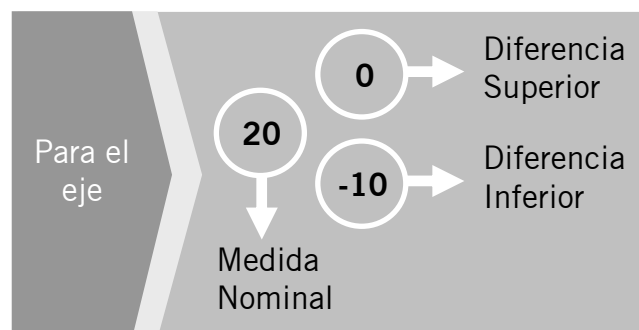
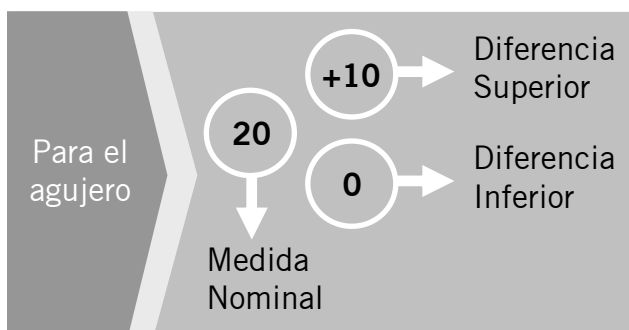
La diferencia entre la medida nominal y la real se conoce como “**Diferencia Real**”.

Diferencia Real

D_r

$$\text{Medida Nominal} - \text{Medida Real} \\ 20 \text{ mm} - 19.995 \text{ mm} = 0.005 \text{ mm}$$

Cuando la tolerancia solo tiene un valor, se la conoce como “**Tolerancia Unilateral**”, y el otro valor se considera cero. A veces, este valor cero, no se pone. En estos ejemplos que vimos, es una tolerancia unilateral y se puede indicar así:



Si sumamos o restamos las tolerancias a la medida nominal, obtenemos las “Medidas Límite”, que son dos para cada acotación: **Medida Máxima** y **Medida Mínima**.



Observemos cómo obtener las medidas máxima y mínima para un agujero y para un eje:

AGUJERO		EJE	
Medida Nominal	= 20 mm	Medida Nominal	= 20 mm
Medida Máxima	= 20 mm + 0.010 mm = 20.010 mm	Medida Máxima	= 20 mm - 0.000 mm = 20.010 mm
Medida Mínima	= 20 mm + 0.000 mm = 20.000 mm	Medida Mínima	= 20 mm - 0.010 mm = 19.990 mm

La diferencia entre la medida máxima y la medida mínima es el “Campo de Tolerancia” o, simplemente la “Tolerancia”.

Veámoslo más en detalle. Si tenemos las siguientes medidas para un agujero y para un eje:

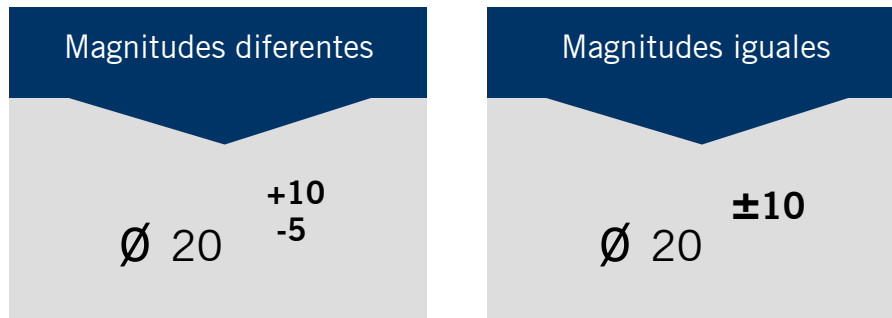
AGUJERO		EJE	
Medida Nominal	= 20 mm	Medida Nominal	= 20 mm
Medida Máxima	= 20.010 mm	Medida Máxima	= 20.010 mm
Medida Mínima	= 20.000 mm	Medida Mínima	= 20.000 mm

La diferencia entre la medida máxima y la medida mínima de ambos, en este caso sería:

$$\text{Tolerancia} = 10 \mu = 0.010 \text{ mm}$$

Además de la tolerancia unilateral, existe la “**Tolerancia Bilateral**”, que es cuando la diferencia superior e inferior son distintas de cero. También se puede dar el caso que las dos magnitudes sean iguales.

Veamos los ejemplos:

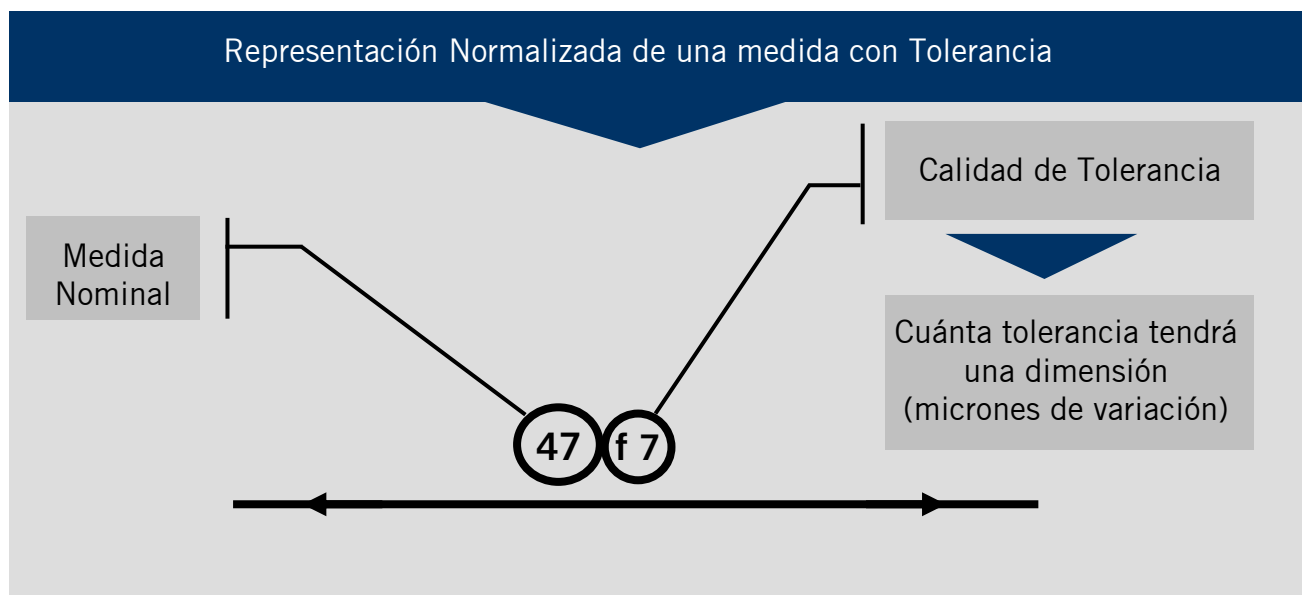


REPRESENTACIÓN DE LA TOLERANCIA.

Hasta aquí, hemos visto qué es una tolerancia, su importancia industrial y cómo están representados los ejemplos anteriores.

Ahora veremos cómo las tolerancias están acotadas en los planos.

Una medida con tolerancia tiene la siguiente representación normalizada:



Analicemos cada uno de estos caracteres y su influencia en la medida final de esta cota.

Empecemos con 47, que es la **Medida Nominal**, la medida que teóricamente debía tener esta dimensión y a partir de la cual se da la tolerancia.

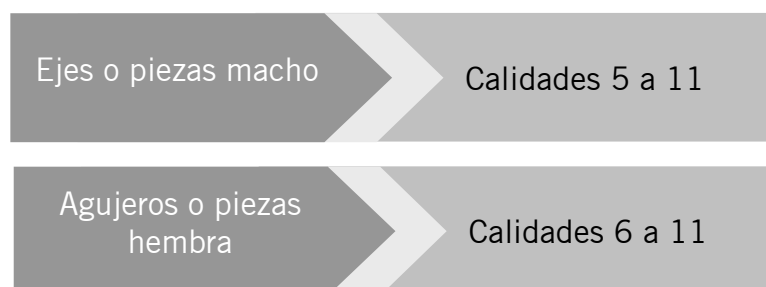
Ahora veamos qué significa el número 7 que está después de la letra f (esta letra la analizaremos más adelante). Este número representa la **Calidad de Tolerancia** (no tiene nada que ver con la calidad de terminado superficial) e influye en forma directa en cuánta tolerancia tendrá una dimensión; es decir, cuántos milésimos podrá variar la medida de una pieza. Se dice micrones de variación porque es la unidad de medida usada en tolerancia (1 milésima o micrón = 0.001 mm). Antes de ver su influencia en la tolerancia, digamos que las calidades de tolerancia son 18 y van desde 0.1 hasta 16.

Hasta la calidad 4 se usan en calibres de comparación, bloques patrón, espejos, etc. (uso de laboratorio). Desde la 5 hasta la 12, se utilizan para piezas de uso industrial que se van a vincular con otras, ya sea con precisión muy alta o acabados bastos. Y, desde la 13 a la 16, tenemos calidades para piezas sueltas, es decir, que no se van a ensamblar con otras.

Observemos el cuadro con las calidades de tolerancia y sus usos más frecuentes:

CALIDAD DE TOLERANCIA	USO MÁS FRECUENTE
0.1 0 1 2 3 4	Calibres de comparación Bloques patrón Espejos, etc.
5 6 7 8 9 10 11 12	Piezas de uso industrial que se unirán con otras
13 14 15 16	Piezas sueltas

Finalmente, podemos decir que, aunque los constructores puedan escoger las tolerancias que deseen para sus fabricaciones, para la elaboración de piezas que forman ajustes se toman corrientemente las siguientes calidades:



A continuación, explicaremos cómo influye este número llamado **Calidad de Tolerancia**. Para ello, analizaremos algunos ejemplos en la **Tabla A de Tolerancias**.

CALIDAD O GRADO DE ACABADO.

Los números en la denominación de las tolerancias indican la **Calidad o Grado de Acabado**. En los sistemas de normas se consideran 18 calidades de trabajo, como podemos ver en la siguiente tabla:

TABLA A: VALORES NUMÉRICOS DE LAS TOLERANCIAS FUNDAMENTALES																		
DIAM (mm) CALL	0.1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
< 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	5	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
>3 hasta 6	0.4	0.5	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
>6 hasta 10	0.4	0.5	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	35	58	90	150	220	360	580	900
>10 hasta 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
>18 hasta 30	0.6	1	1.5	2.5	4	5	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
>30 hasta 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
>50 hasta 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
>80 hasta 120	1	1.5	2.5	4	8	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
>120 hasta 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
>180 hasta 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
>250 hasta 315	2.5	4	6	8	12	18	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
>315 hasta 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
>400 hasta 500	4	5	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

En la tabla podemos ver varios valores que se encuentran encerrados con color. Veamos cómo analizarlos.

Antes de comenzar con el análisis de los ejemplos, debemos decir que los valores de calidad que van del 0.1 al 16 indicarán la cantidad de micrones de tolerancia que tiene una pieza. Además, estos valores, a medida que suben, significa que la calidad disminuye. Es decir, por ejemplo, 12 es peor calidad que 3.

Ahora sí, comencemos con el análisis.

Observemos, primeramente, los cuadros en color gris. Para las medidas nominales que están entre 30 mm hasta 50 mm, elegimos 47 mm. Y esta medida con calidad 7 vemos que tiene 25 micrones de tolerancia. En cambio, si 47 mm tuviera calidad 5, entonces su tolerancia sería de 11 micrones. Y, finalmente, si 47 mm tuviera calidad 10, tendría 100 micrones de tolerancia.

De estos ejemplos podemos deducir que, a medida que baja la calidad (el número de la calidad sube, 10 es peor calidad que 5), la cantidad de tolerancia sube.

Observemos ahora los recuadros en azul. Si dejamos fija una calidad, por ejemplo la calidad 12, a medida que las dimensiones nominales suben, también suben las tolerancias en micrones. Por ejemplo, 8 mm con calidad 12 tiene 150 micrones de tolerancia, 330 mm con calidad 12 tiene 570 micrones de tolerancia.

¿Qué conclusión podemos sacar de estos ejemplos?

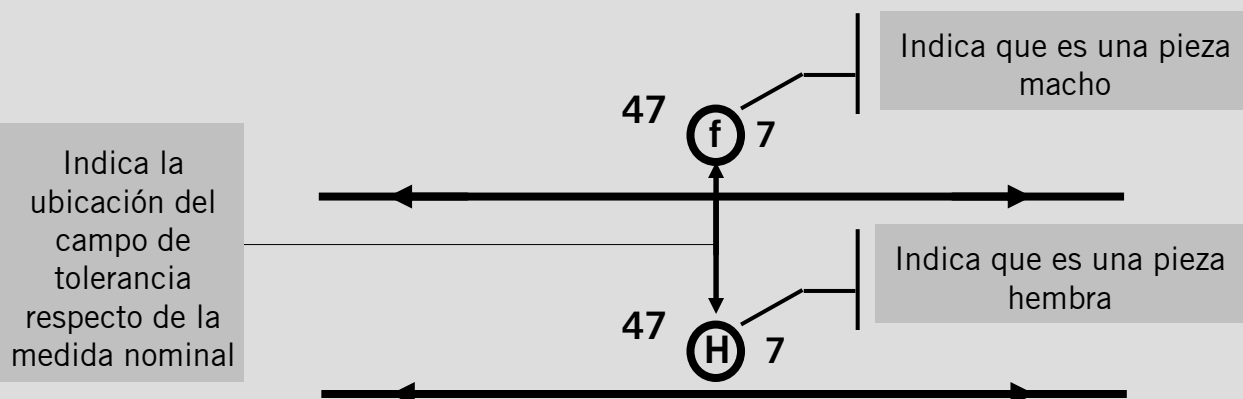
Podemos afirmar que la cantidad de tolerancia que tiene una determinada magnitud depende de 2 factores:



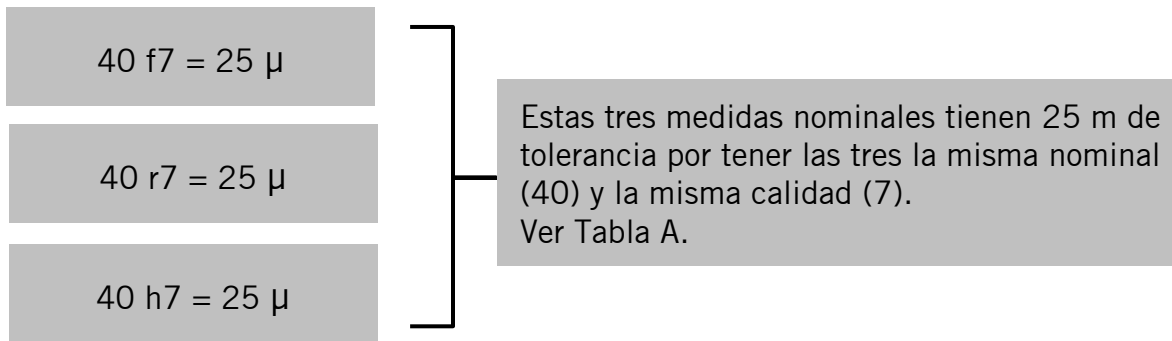
Ahora falta analizar la letra *f* en la notación 47 f7. La letra en la representación de la tolerancia, puede ser minúscula (como en este ejemplo), pero también puede ser mayúscula. Si se trata de una minúscula, las tolerancias están referidas a una pieza macho. Si, en cambio, la letra es mayúscula, se están refiriendo a una pieza hembra.

La letra es la encargada de ubicar el campo de tolerancia con respecto a la medida nominal. Quiere decir que, de acuerdo a qué letra tenga la medida, esto determina cómo estarán ubicadas las tolerancias, y qué medidas máxima y mínima pueden resultar para esa medida nominal.

Representación Normalizada de una medida con Tolerancia



Veamos los siguientes ejemplos: ¿por qué tienen todos el mismo valor de tolerancia?



Sin embargo, al tener diferente letra, van a tener diferente ubicación del campo de tolerancia respecto a la medida nominal.

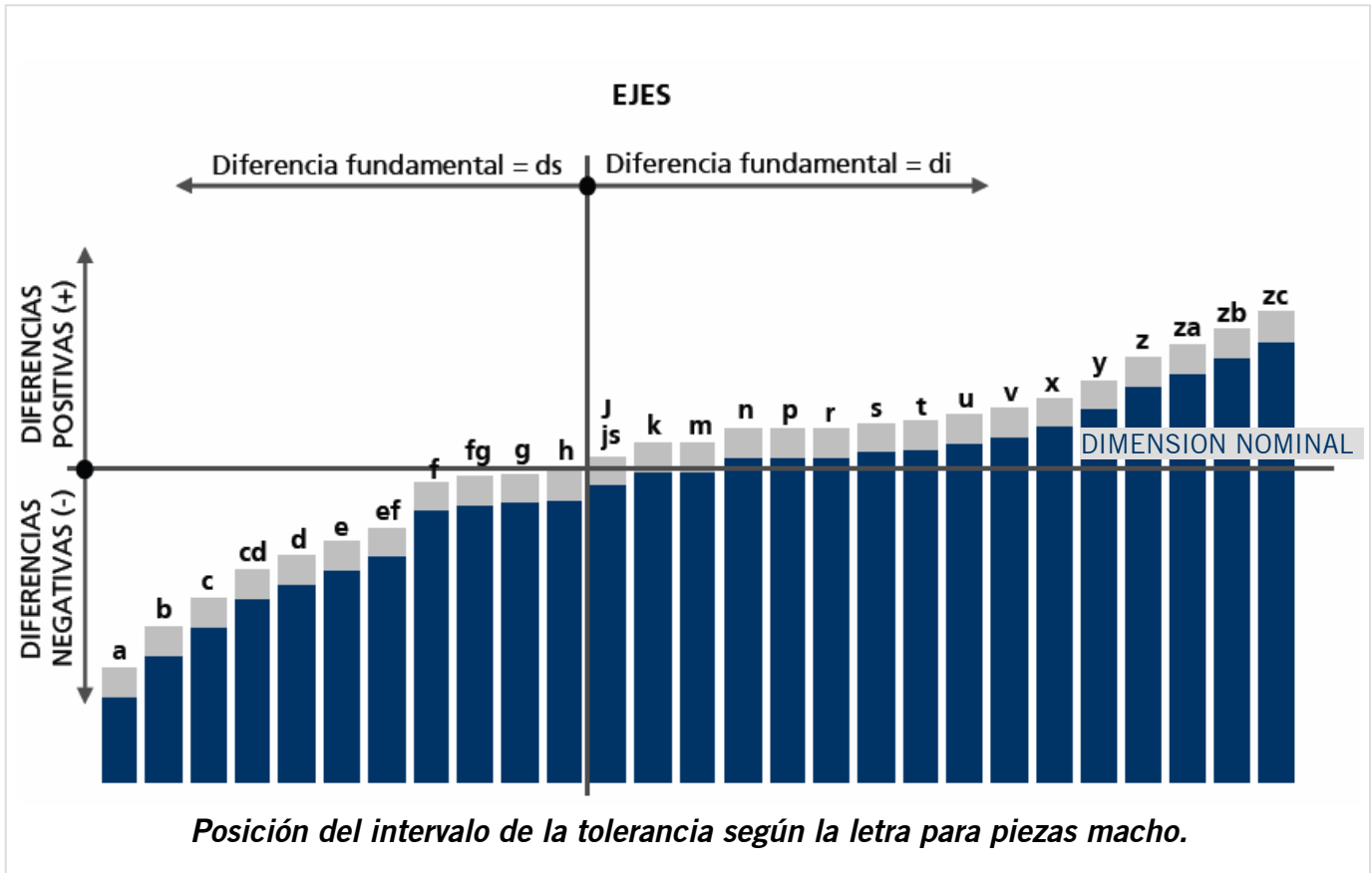
En las siguientes figuras, vemos cómo cada letra, ya sea mayúscula o minúscula, ubica el campo de tolerancia con respecto a la medida nominal.

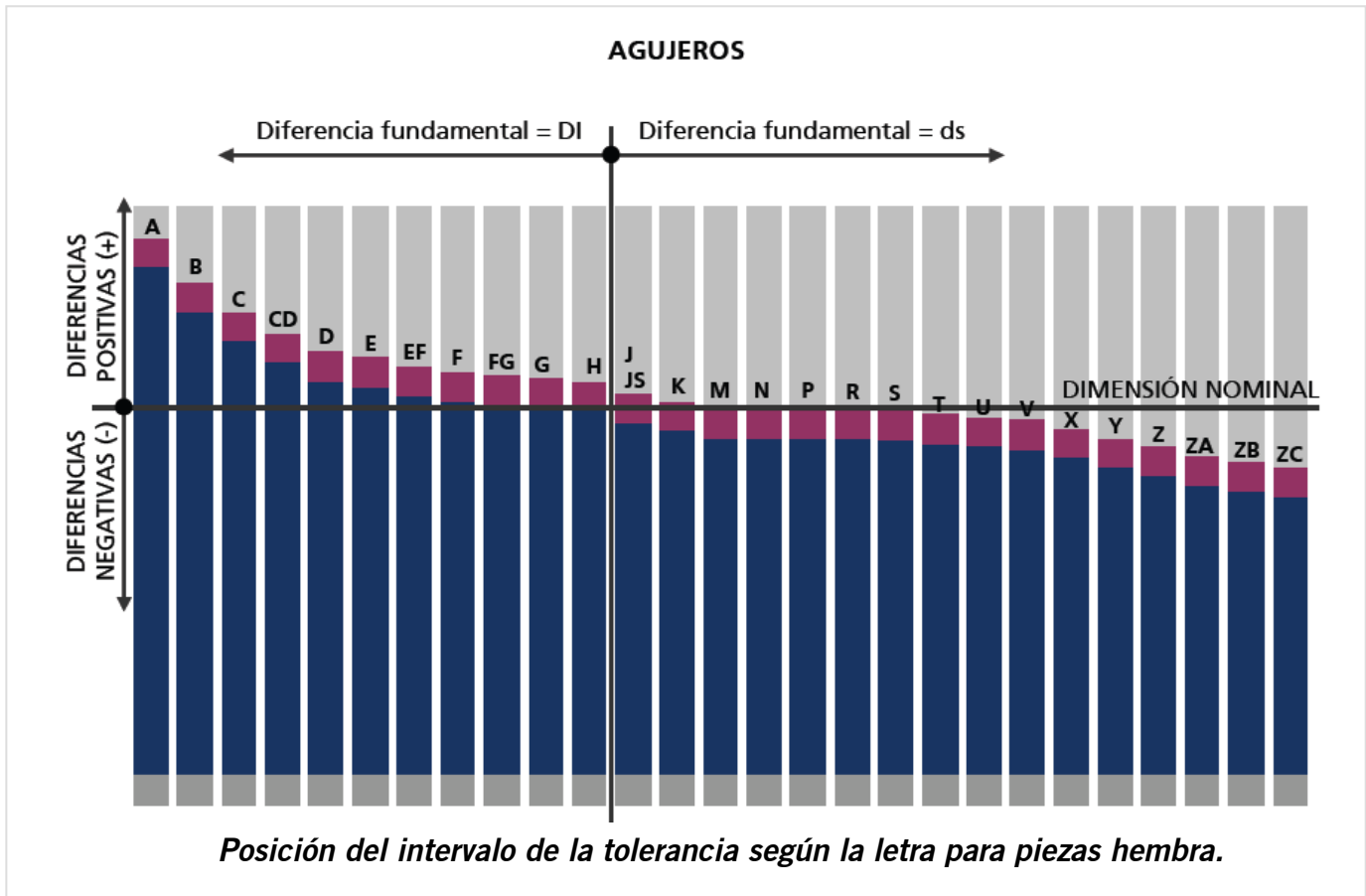
RECUERDE



La letra mayúscula indica que se trata de una pieza hembra o agujero.

La letra minúscula, en cambio, indica que es una pieza macho o eje.





De las dos figuras anteriores podemos observar lo siguiente:



Hay letras que ubican el campo de tolerancia por debajo de la medida nominal. Por ejemplo, la “d”, en el caso de pieza macho, y la “R”, para el caso de pieza hembra.

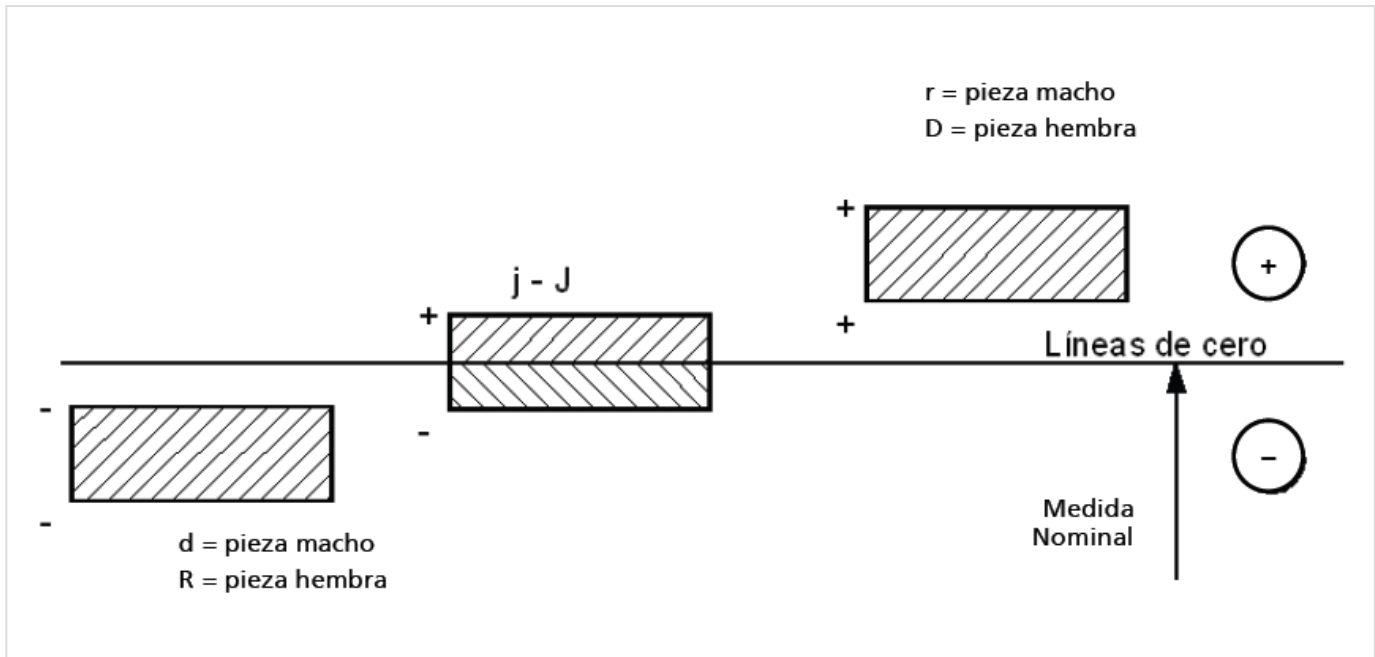


También hay letras que ubican el campo de tolerancia por arriba de la nominal. Por ejemplo, la “E”, para pieza hembra, y “r”, para pieza macho.

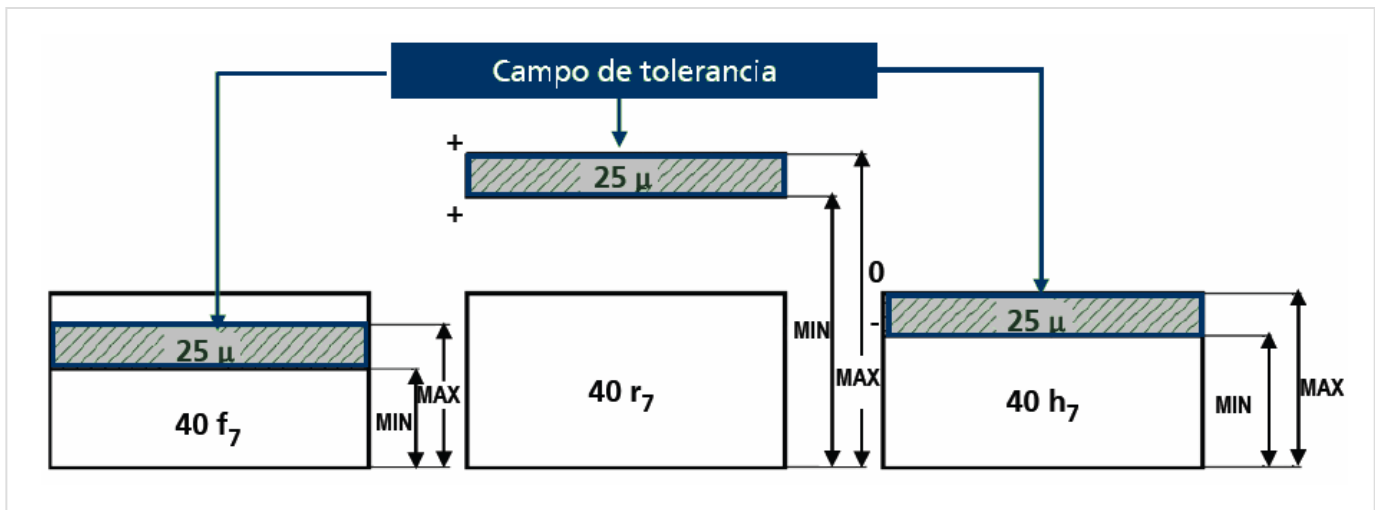


Y, además, hay letras que ubican el campo de tolerancia sobre la nominal. Por ejemplo, la “jota”, tanto para pieza macho como para pieza hembra.

Observemos los ejemplos en la siguiente figura:



Luego de esto, y volviendo a los ejemplos planteados ($40 f_7$; $40 r_7$; $40 h_7$), los representamos gráficamente y tendremos:



Podemos observar cómo cambian las medidas máximas y mínimas según dónde esté ubicado el campo de tolerancia. Si bien hemos dicho que las letras ubican el campo de la tolerancia, todavía nos falta saber a qué distancia lo ubica. Es decir, sabemos que las letras ubican el campo de tolerancia por abajo, por arriba o sobre la nominal, pero ¿a qué distancia está f , por ejemplo, de la nominal?

RECUERDE



La posición del campo de tolerancia lo da la letra.

ANEXO

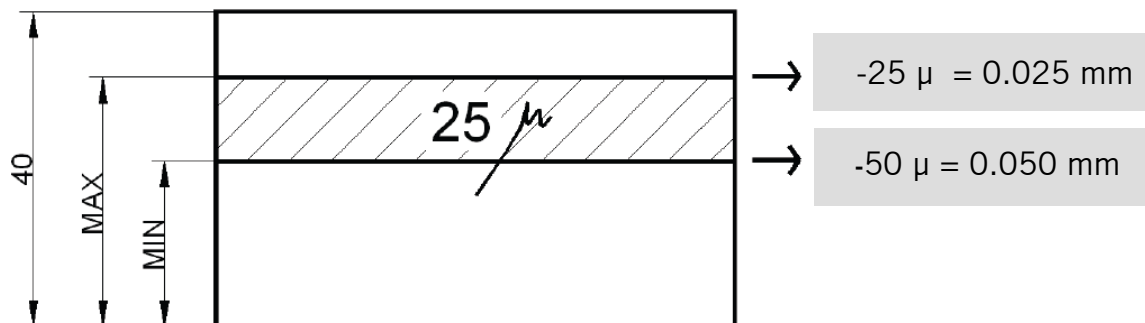
Esto lo podemos saber consultando las Tablas de Tolerancias en el Anexo de este manual.

Las tablas de tolerancia tienen una columna con las medidas nominales y filas con letras mayúsculas y minúsculas con diferentes calidades. Una vez ubicada la medida nominal, se busca la letra con la calidad, y se sacan las tolerancias.

Por ejemplo, si queremos buscar las tolerancias para 40 f7, tenemos lo siguiente:

DIAMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H7  No pasa - pasa	EJES 					
		j 6	h 6	g 6	f 7	e 8	d 9
1 a 3	+ 0,009*	+ 0,006	+ 0,000	- 0,003	- 0,007	- 0,014	- 0,020
	0,000	- 0,001*	- 0,007*	- 0,010*	- 0,016*	- 0,028*	- 0,045*
Más de 3 a 6	+ 0,012*	+ 0,007	0,000	- 0,004	- 0,010	- 0,020	- 0,030
	0,000	- 0,001*	- 0,008*	- 0,012*	- 0,022*	- 0,038*	- 0,060*
Más de 6 a 10	+ 0,015*	+ 0,007	0,000	- 0,005	- 0,013	- 0,025	0,040
	0,000	- 0,002*	- 0,009*	- 0,014*	- 0,028*	- 0,047*	- 0,076*
Más de 10 a 18	+ 0,018*	+ 0,008	0,000	- 0,006	- 0,016	- 0,032	- 0,050
	0,000	- 0,003*	- 0,011*	- 0,017*	- 0,034*	- 0,059*	- 0,093*
Más de 18 a 30	+ 0,021*	+ 0,009	0,000	- 0,007	- 0,020	- 0,040	- 0,065
	0,000	- 0,004*	- 0,013*	- 0,020*	- 0,041*	- 0,070*	- 0,110*
Más de 30 a 40	+ 0,025*	+ 0,011	0,000	- 0,009	- 0,025	- 0,050	- 0,080
Más de 40 a 50	0,000	- 0,005*	- 0,016*	- 0,025*	- 0,050*	- 0,089*	- 0,142*
Más de 50 a 65	+ 0,030*	+ 0,012	0,000	- 0,010	- 0,030	- 0,060	- 0,100
Más de 65 a 80	+ 0,035*	+ 0,013	0,000	- 0,011	- 0,035	- 0,070	- 0,110

Esto quiere decir que para 40 f7 tendremos:



Medida Máxima = 40 - 0.025 = 39.975 mm

Medida Mínima = 40 - 0.050 = 39.950 mm

De esta manera podemos, con la ayuda de la tabla, averiguar a qué distancia de la medida nominal se encuentra el intervalo de tolerancia de 40 f7.



RECUERDE

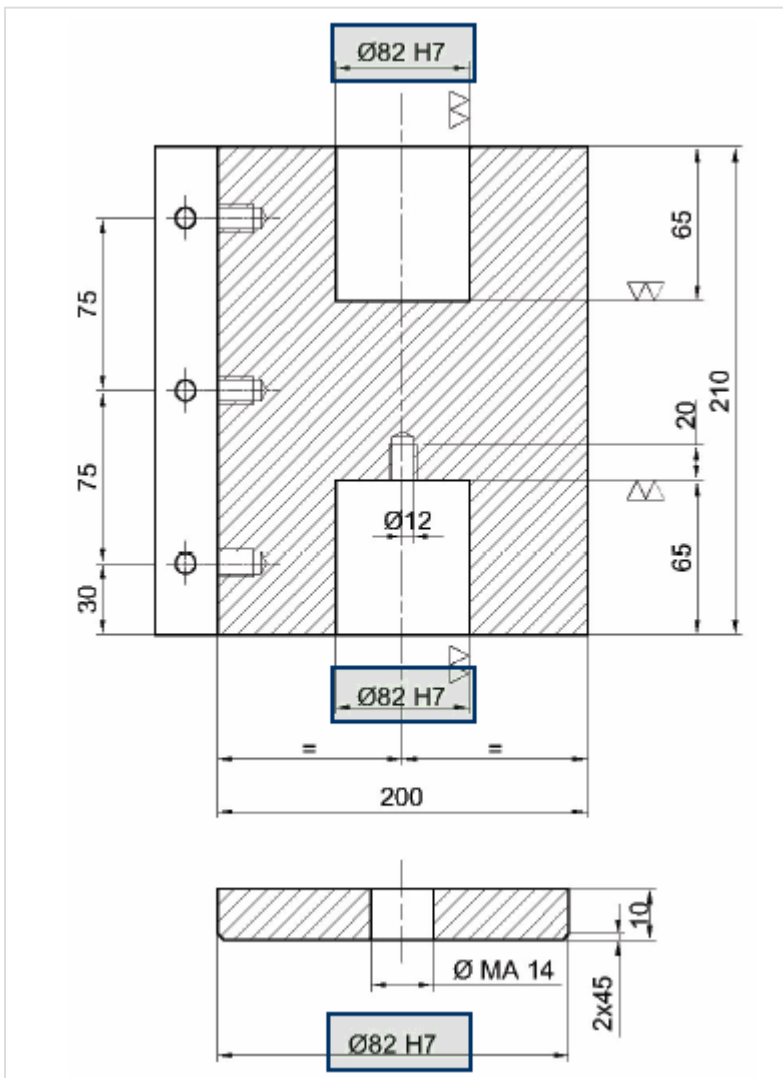


La cantidad de tolerancia que tiene una pieza depende de la medida nominal y de la calidad de tolerancia.

La ubicación del campo de tolerancia depende de la letra.

SIMBOLOGÍA DE TOLERANCIAS EN UN PLANO.

Observemos, en el siguiente plano, algunos ejemplos de simbología de las tolerancias:



EJEMPLO



Ejemplo: Ø 82 H7

Ø 82 = Medida Nominal

H = Letra mayúscula para pieza hembra (indica la ubicación del campo de tolerancia)

7 = Calidad de Tolerancia

Magnitudes acotadas en pulgadas.

Para magnitudes acotadas en pulgadas, se utilizan tolerancias en milésimas de pulgada. Así:

$\varnothing 10 \begin{matrix} +0.7 \\ -0 \end{matrix}$	=	$\varnothing 10.007 \text{ plg}$ $\varnothing 10.000 \text{ plg}$
$\varnothing 20 \pm 1.3$	=	$\varnothing 20.0013 \text{ plg}$ $\varnothing 19.9987 \text{ plg}$

Y aplicando las tablas ANSI, que también se encuentran en el Anexo, se representarían de la siguiente manera:

$\varnothing 5.0 \begin{matrix} H 10 \\ \end{matrix}$	→	Para agujeros
$\varnothing 5.0 \begin{matrix} d 9 \\ \end{matrix}$	→	Para ejes

Cuyos valores serían:

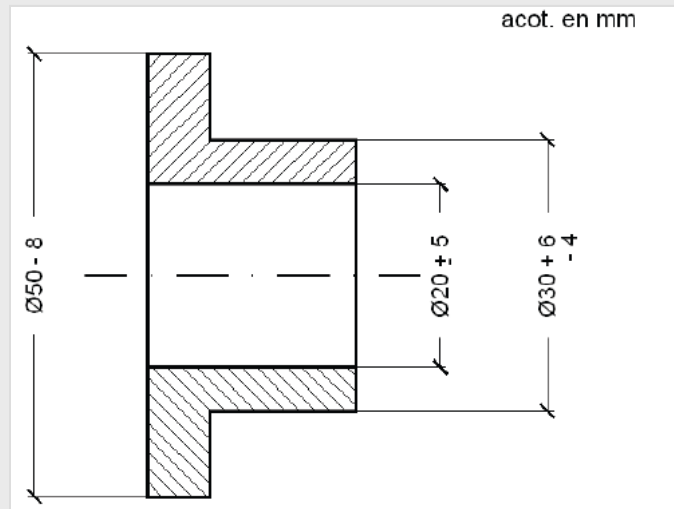
$\varnothing 5.0 \begin{matrix} H 10 \\ \end{matrix}$	=	$\varnothing 5.0 \begin{matrix} +6.0 \\ +0 \end{matrix}$	=	5.006 plg 5.000 plg
$\varnothing 5.0 \begin{matrix} d 9 \\ \end{matrix}$	=	$\varnothing 5.0 \begin{matrix} -6 \\ -10 \end{matrix}$	=	4.994 plg 4.990 plg

ACTIVIDAD 1. Tolerancias

Para profundizar los conocimientos acerca de Tolerancias, se propone la siguiente actividad.



Observar el siguiente dibujo y calcular lo que se pide en la tabla.



	50^{-8}	30^{+6}_{-4}	$20^{\pm 5}$
MEDIDA NOMINAL (N)			
MEDIDA MÁXIMA (M max)			
MEDIDA MÍNIMA (M mín)			
TOLERANCIA (T)			
DIFERENCIA SUPERIOR (Ds)			
DIFERENCIA INFERIOR (Di)			

ACTIVIDAD 2. Calidad o Grado de Acabado

Para profundizar los conocimientos acerca de la Calidad de las Tolerancias, se propone la siguiente actividad.



Hallar las tolerancias para los valores que se piden en la Tabla A de valores numéricos de las Tolerancias. Una vez halladas, ordenarlas de mayor a menor calidad.

MEDIDAS	TOLERANCIAS	MEDIDAS	TOLERANCIAS DE MAYOR A MENOR CALIDAD
15 H8			
178 F6			
58 r12			
45 g4			

ACTIVIDAD 3. Medida Máxima y Medida Mínima

Para profundizar los conocimientos acerca de las tolerancias, se propone la siguiente actividad.



Hallar las tolerancias para las magnitudes siguientes, luego obtener los límites superior e inferior y, finalmente, las medidas máxima y mínima para cada una de ellas.

27 f7		129 H6	
Tolerancia	=		
Límite Superior	=		
Límite Inferior	=		
Medida máxima	=		-
	=		
Medida mínima	=		-
	=		

Tolerancia	=		
Límite Superior	=		
Límite Inferior	=		
Medida máxima	=		+
	=		
Medida mínima	=		+
	=		

ACTIVIDAD 4. Magnitudes en pulgadas

Para profundizar los conocimientos acerca de las magnitudes acotadas en pulgadas, se propone la siguiente actividad.



Buscar en las Tablas ANSI los límites superior e inferior de las siguientes medidas y unir con flechas. Luego, hallar las medidas máxima y mínima para cada uno.

$\varnothing 4.0_{h6}$

$\varnothing 3.16_{u6}$

$\varnothing 4.7_{x7}$

$\varnothing 7.0^{H7}$

$\varnothing 3.125^{H8}$

Ls = +5.9	M Máx =
Ls = +5.0	M Min =
Ls = +1.8	M Máx =
Ls = -0	M Min =
Ls = +0	M Máx =
Ls = -9	M Min =
Ls = +1.6	M Máx =
Ls = -0	M Min =
Ls = +9.4	M Máx =
Ls = -8.0	M Min =

2.2 Verificación con Calibres de Tolerancia

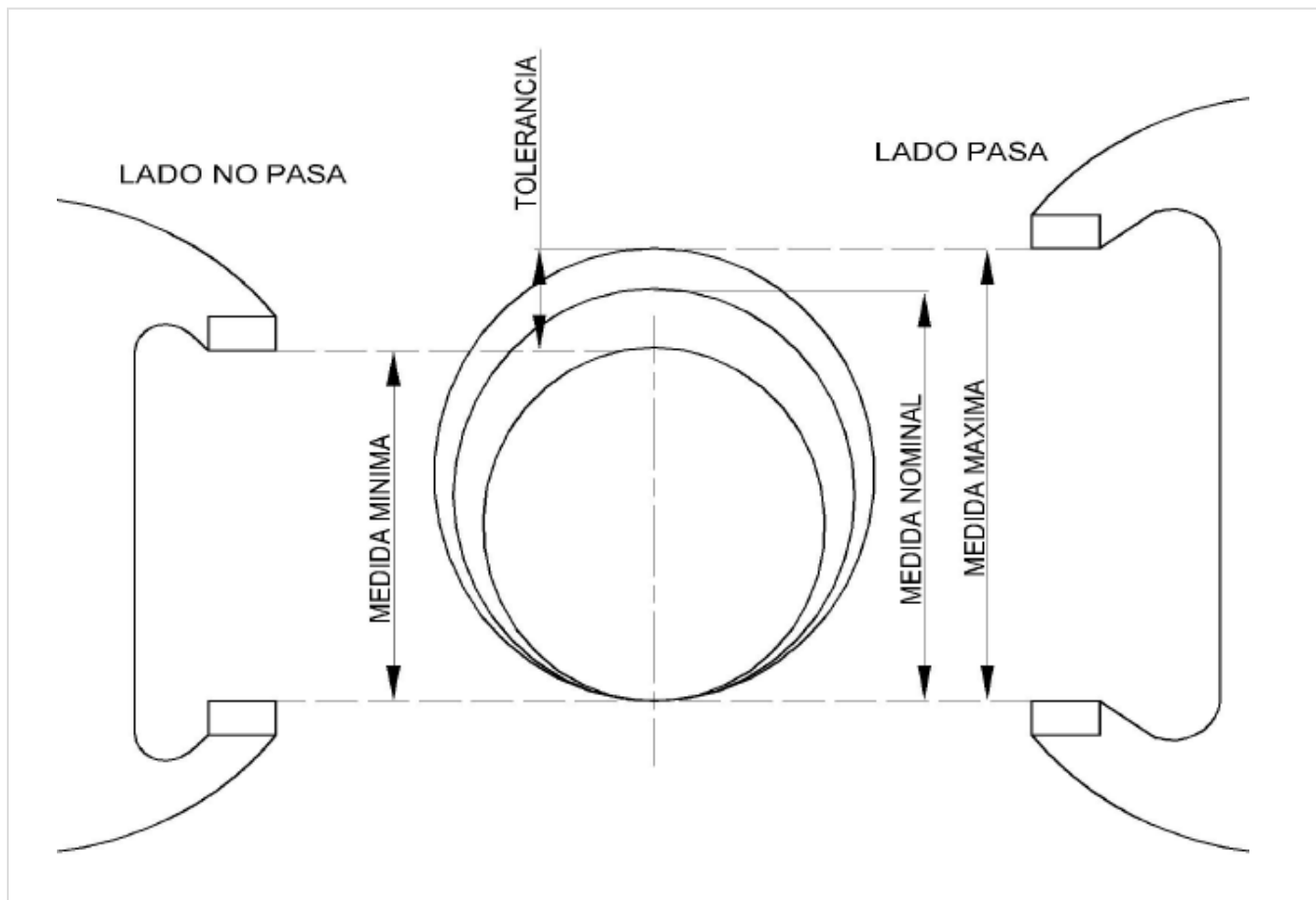
¿Cómo hacemos para verificar si una pieza está o no dentro de tolerancia?

Cuando se fabrican piezas con tolerancias, la verificación de sus dimensiones se lleva a cabo sin tener en cuenta la medida efectiva. Es decir, lo que queremos verificar es si la pieza está o no dentro de tolerancia. Para ello se utilizan los denominados **Calibres de Tolerancia**.

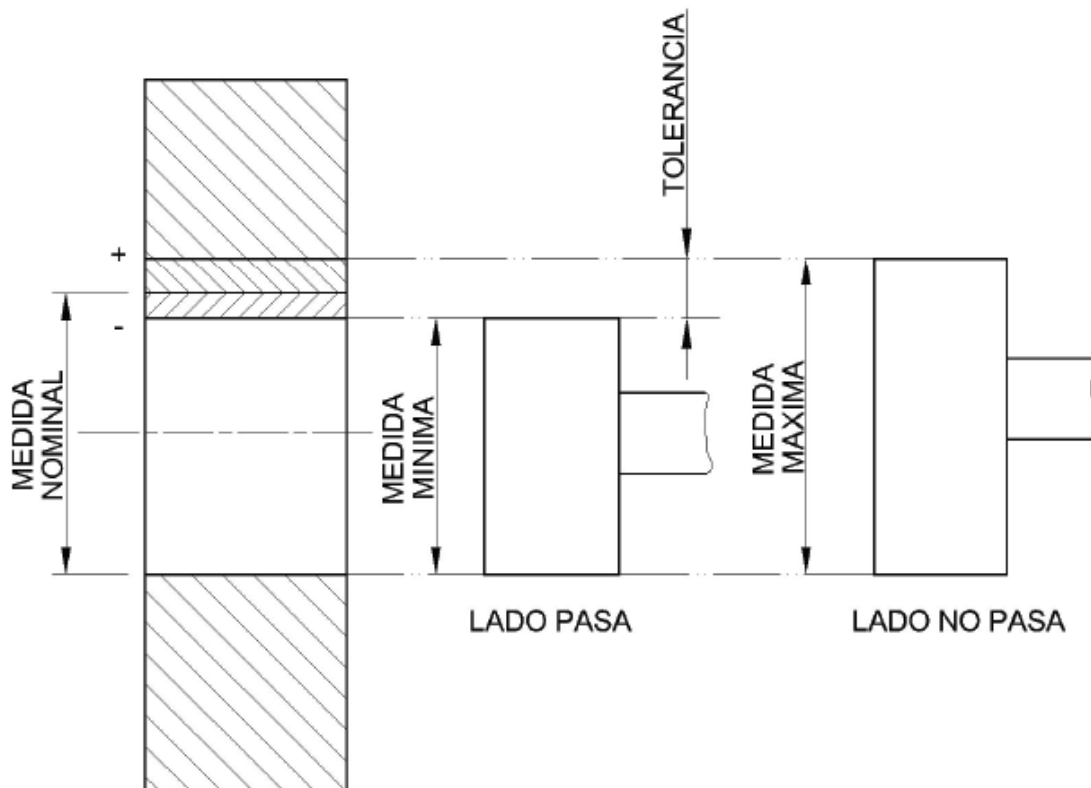
Los calibres de tolerancia son un par de calibres, uno de los cuales materializa la medida máxima y, el otro, la medida mínima, que responden a las que podría tener la pieza a controlar.

Son denominados, también, **Calibres “Pasa – No Pasa”**.

En los calibres de tolerancia para ejes, como vemos en la figura siguiente, el lado o calibre “pasa” corresponde a la dimensión máxima admisible, mientras que el calibre “no pasa”, a la cota mínima admitida. El eje estará dentro de tolerancia cuando pueda entrar el lado “pasa” y no pueda entrar el lado “no pasa”.



En cambio, si se trata de un agujero, el calibre “pasa” corresponde a la cota mínima, y el calibre “no pasa” corresponde a la cota máxima, como vemos en la figura que sigue.



Representación de los calibres “pasa” y “no pasa” para la verificación de agujeros.

FORMAS DE LOS CALIBRES DE TOLERANCIA.

Las formas que toman los calibres de tolerancia son variables. Dependiendo, por un lado, de que se trate de calibres para ejes o agujeros y, por el otro, de la dimensión nominal a la que están estimados. También se debe tener en cuenta la seguridad de apreciación en las comprobaciones que con ellos se realicen y, a la vez, la comodidad del mango.

Veamos, a continuación, las diferentes formas de calibres para agujeros y para ejes.

Calibres para Agujeros.

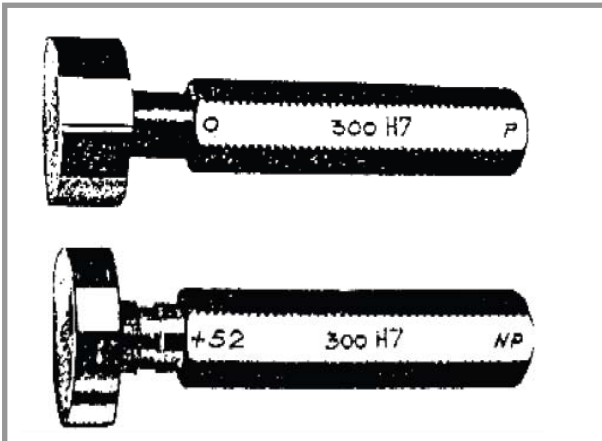
VISTA POSTERIOR

VISTA ANTERIOR

LADO PASA LADO PASA

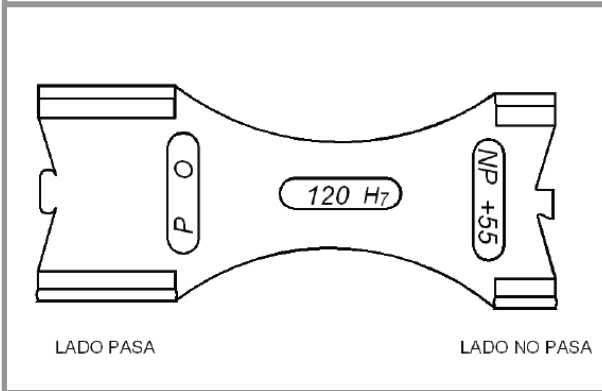
CALIBRES TAPÓN CILÍNDRICO PARA AGUJEROS DE DIÁMETRO RELATIVAMENTE PEQUEÑO.

Para los agujeros de diámetro relativamente pequeño se utilizan calibres con forma de tapón cilíndrico. Los calibres “pasa” y “no pasa” se encuentran ambos montados sobre el mismo mango, que generalmente suele estar moletado (terminación que se le da a la superficie para facilitar el agarre) en algunos y, en otros, recubierto de una materia aislante del calor.



CALIBRES TAPÓN CILÍNDRICO PARA AGUJEROS DE DIÁMETRO RELATIVAMENTE GRANDE.

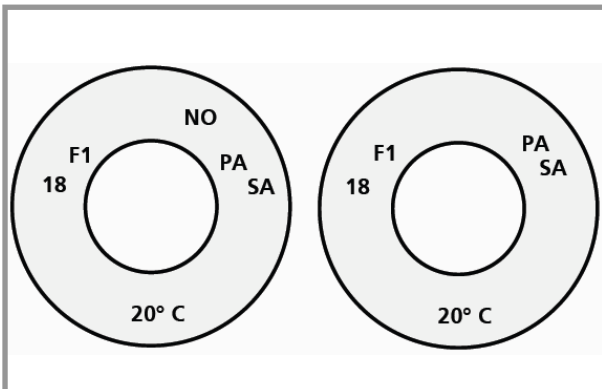
Para los agujeros de diámetro mayores, el calibre doble sería demasiado pesado. Por ello, se utilizan los calibres separados, cada uno dotado de su mango correspondiente.



CALIBRES PLANOS.

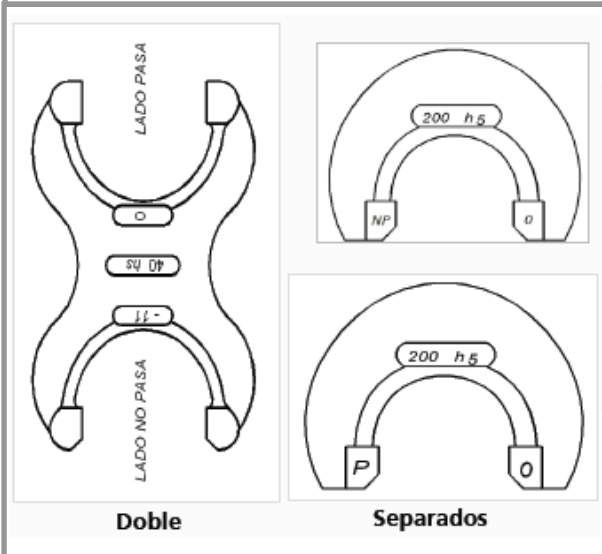
Los calibres para agujeros se presentan también en forma de calibres planos. Son más baratos y más ligeros que los de tapón y permiten descubrir defectos de ovalización. Tienen, por el contrario, la desventaja de desgastarse con mayor rapidez.

Calibres para Ejes.



CALIBRES EN FORMA DE ANILLOS.

Los calibres de tolerancia en forma de anillos se presentan en juegos de dos, uno “pasa” y otro “no pasa”. Su uso suele limitarse a los servicios de verificación, ya que en el taller exigiría el desmontaje de la pieza de la máquina si se trabaja entre puntos.



CALIBRES DE BOCA O DE HERRADURA.

Su uso es más común. Pueden ser:

Dobles: reúnen en una sola pieza los calibres “pasa” y “no pasa”.

Separados: se usan para dimensiones superiores.

De una sola boca: reúnen en una misma boca los lados “pasa” y “no pasa”.

En el siguiente cuadro podemos observar los diferentes usos de los calibres de tolerancia para agujeros y para ejes.

COTA NOMINAL (en mm)		HASTA 100	DE 100 A 200	DE 200 A 315	DE 315 A 500
PARA AGUJEROS	Lado "pasa"	Tapones cilíndricos	Calibres planos	Calibres de extremos	Varillas esféricas
	Lado "no pasa"	Calibres de varillas de extremos esféricos Calibres planos	Calibres de varillas de extremos esféricos		
PARA EJES	Lado "pasa"	Calibres de boca (o anillos) calibrados de dimensiones pequeñas			Instrumentos de lectura
	Lado "no pasa"	Calibres de boca			

MANEJO DE LOS CALIBRES DE TOLERANCIA.

En lo que se refiere al manejo propiamente dicho de los calibres, debe tenerse presente una serie de reglas de cuidados elementales pero imprescindibles para la exactitud de la medición.

Prestemos atención a algunas recomendaciones en su manejo:

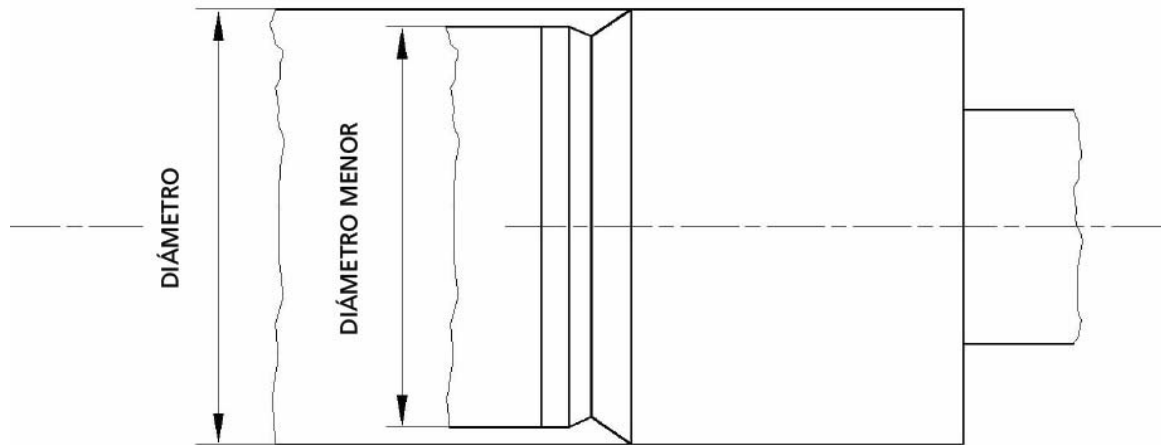
Es importante evitar cualquier contacto brusco y/o roce de los calibres contra partes susceptibles de rayarlos o desgastarlos. Los calibres regulables y los de doble boca, contruidos en acero de cementación, son especialmente sensibles a cualquier choque que puede cerrarlos ligeramente, perdiendo así la medida.

Jamás debe forzarse a entrar un calibre, ya sea para ejes o para agujeros. El calibre debe entrar por su propio peso o bajo una ligera presión limitada (generalmente indicada sobre el calibre) con frotamiento suave. Las superficies de contacto deben estar ligeramente engrasadas si se trata de agujeros.

Al verificar un agujero con un calibre tapón, los ejes del agujero y del calibre deben estar paralelos o en coincidencia en el momento de la penetración. De otro modo, se corre el riesgo de que el calibre se acuñe en el agujero, pudiendo estropearse o de estropear la pieza. Para evitar esto existen calibres de tapón dispuestos con una guía de entrada cuyo diámetro es inferior en algunas milésimas a la medida de control del calibre.

En las verificaciones de precisión, las temperaturas del calibre de la pieza deber ser iguales. En mediciones de gran precisión es necesario, incluso, regular la temperatura.

No debe hacerse la comprobación de un agujero estando la pieza caliente por efecto de la mecanización. Se corre el riesgo de que al enfriarse la pieza, el calibre quede aprisionado por ella.



Calibre con una guía de entrada ligeramente inferior a la medida de control

	ELEMENTO A CONTROLAR	DENOMINACIÓN DEL CALIBRE	CONTROLA
CALIBRE "PASA"	Agujero	Calibre Tapón	Que el diámetro del agujero no sea superior al establecido por la tolerancia.
	Eje	Calibre Herradura	Que el diámetro del agujero no sea superior al establecido por la tolerancia.
CALIBRE NO "PASA"	Agujero	Calibre Tapón	Que el diámetro del agujero no sea superior al establecido por la tolerancia.
	Eje	Calibre Herradura	Que el diámetro del agujero no sea superior al establecido por la tolerancia.

2.3 Tolerancias de Forma y Posición

Una pieza se compone de varios elementos de forma geométrica. Generalmente, estos elementos varían de forma y posición con respecto a las ideales. Es decir, que es prácticamente imposible preparar piezas geoméricamente perfectas. En la fabricación suele suceder que se produzcan irregularidades geométricas que pueden afectar a la **forma**, a la **posición** y/o a la **orientación** de los diferentes elementos constructivos de las piezas.

¿Cuál es, entonces, el objetivo de las tolerancias de forma y posición?

El objetivo de estas tolerancias es el aseguramiento de condiciones satisfactorias para el funcionamiento y la intercambiabilidad de piezas y de grupos de construcción, aunque hayan sido fabricados en talleres diferentes y por distintos equipos y personas.

Estas tolerancias se utilizarán cuando sean imprescindibles para la utilidad de función y la fabricación económica de la pieza respectiva. De otra manera, los costos de fabricación y verificación sufrirán un aumento innecesario.

TOLERANCIAS DE FORMA.

Las tolerancias de forma limitan las diferencias admisibles de un elemento con respecto a su **forma ideal geométrica**.

Determinan la zona de tolerancia dentro de la que ha de quedar el elemento y puede tener cualquier forma.

TOLERANCIAS DE POSICIÓN.

Las tolerancias de posición son tolerancias de dirección, de lugar o de movimiento.

Limitan las diferencias admisibles de la **posición ideal geométrica** de dos o más elementos entre sí, de los cuales, generalmente se fija uno como elemento de referencia.

Como elemento de referencia debería elegirse, en lo posible, el elemento que sirve como base de partida también para la función de la pieza. El elemento de referencia ha de ser de forma exacta suficiente. Si fuera preciso, han de ser anuladas las tolerancias de forma.

Además, en caso de ser necesario, pueden fijarse varios elementos de referencia, por ejemplo, puntos de soporte de ejes.

GLOSARIO




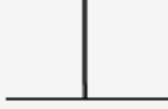
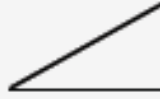


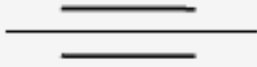


ELEMENTO DE REFERENCIA:

Es aquel elemento geométrico que sirve como base de partida para el empleo de una tolerancia de posición.

CLASES DE TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN.

En el siguiente cuadro vemos cuáles son las diferentes tolerancias de forma y posición, cuáles son las propiedades toleradas por ellas, y los símbolos que se utilizan para representarlas en los planos.

	PROPIEDAD TOLERADA	SÍMBOLO
Tolerancias de forma	Rectitud	
	Planicidad	
	Redondez	
	Cilindricidad	
	Forma de línea	
	Forma de superficie	

	PROPIEDAD TOLERADA	SÍMBOLO
Tolerancias de dirección	Paralelismo	
	Perpendicularidad	
	Inclinación (angular)	
Tolerancias de lugar	Posición	
	Concentricidad y coaxialidad	
	Simetría	
Tolerancias de oscilación	Circular	
	Total	

ANOTACIÓN DE LAS TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN.

Para anotar las tolerancias de forma y posición en dibujos se usa un rectángulo dividido en dos o más compartimentos. Estos contienen, de derecha a izquierda, la siguiente información:



El símbolo para la propiedad o característica tolerada.



El valor de tolerancia en la unidad de medida que sirve para el dibujo. Este valor irá precedido por el símbolo \varnothing si la zona de tolerancia es circular o cilíndrica.

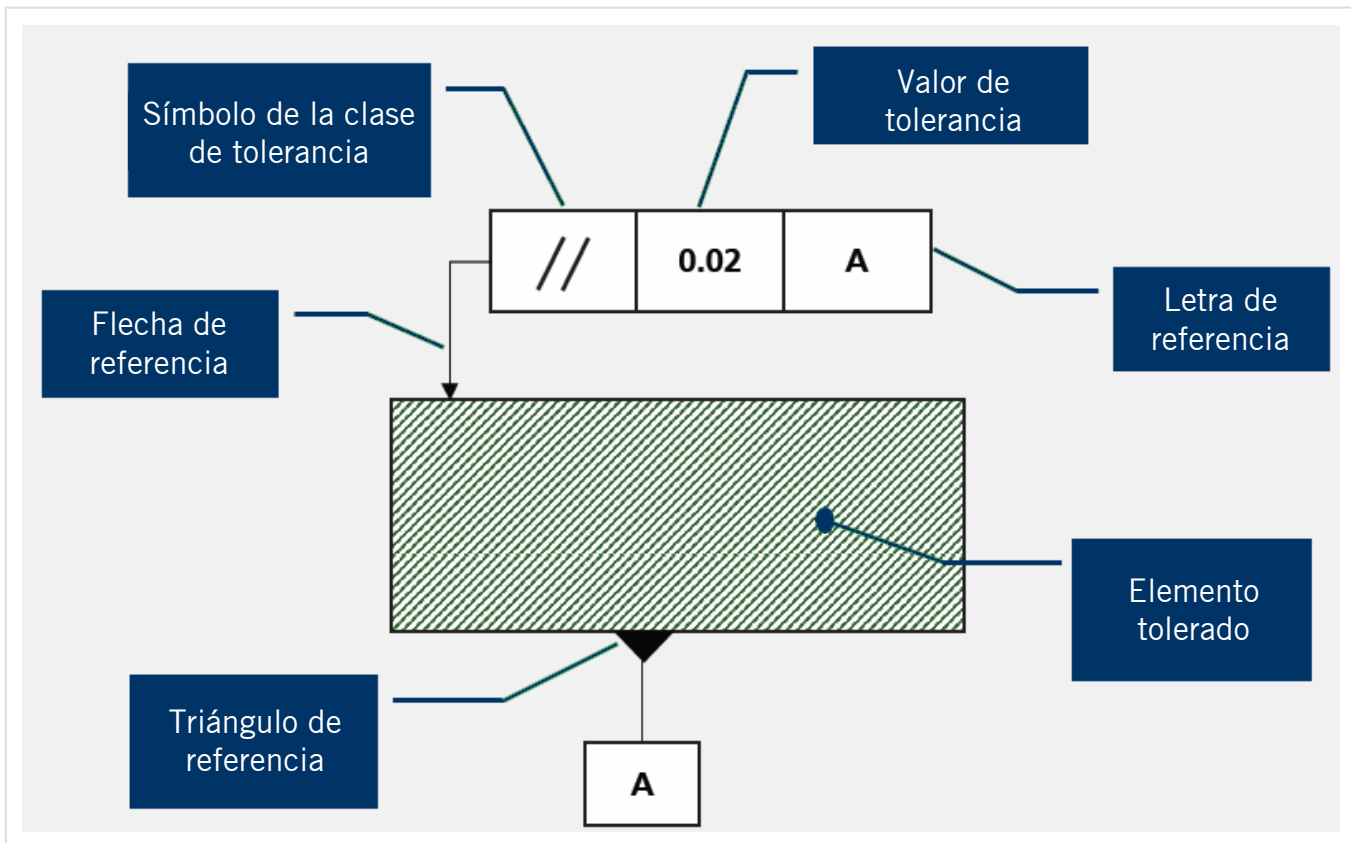


La letra de referencia como indicación al elemento de referencia (si lo hubiera).

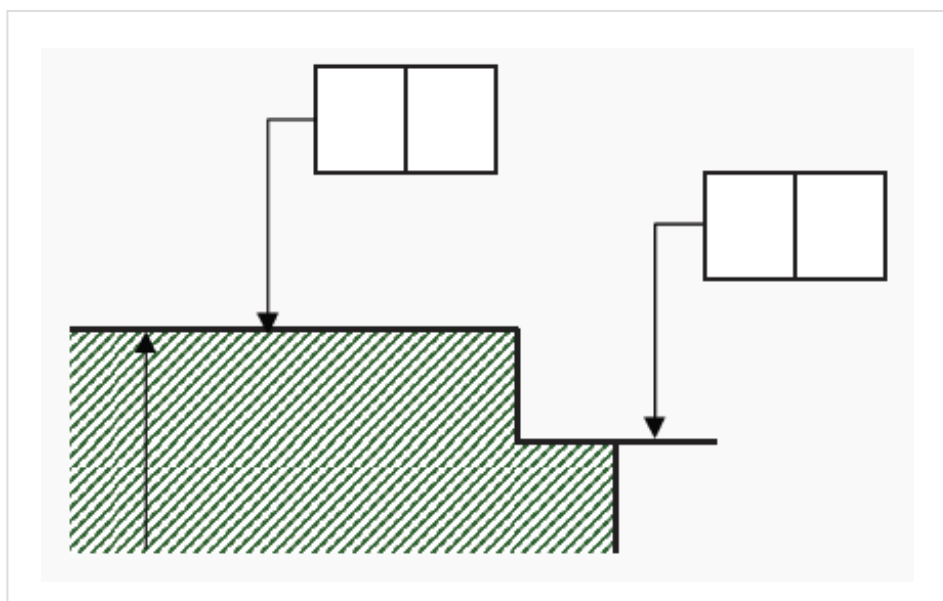
Cuando el elemento a controlar se relaciona con una referencia, esta se identifica con una letra mayúscula colocada en un recuadro que va unido a un triángulo de referencia. Es la misma letra que identifica la referencia y que se repite en el rectángulo de tolerancia.

El rectángulo de tolerancia se une al elemento controlado mediante una línea de referencia terminada en flecha.

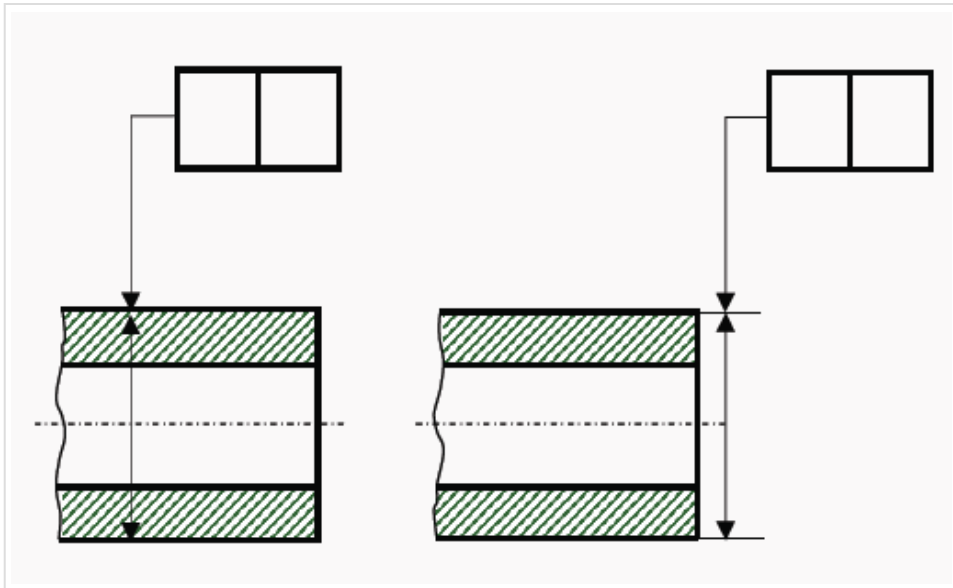
Observémoslo en el siguiente gráfico:



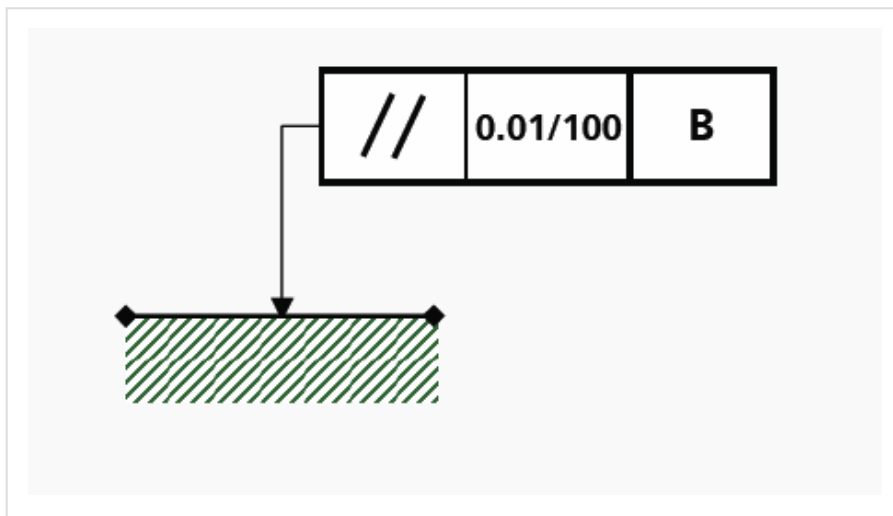
La flecha de referencia se anota correspondiendo al contorno de la figura o en su prolongación cuando el elemento tolerado es una superficie o línea (por ejemplo, línea de envolvente) pero no es eje.



En cambio, si el elemento tolerado es un eje o un plano central del elemento controlado, entonces la flecha de referencia se pone en dirección a la línea de cota.



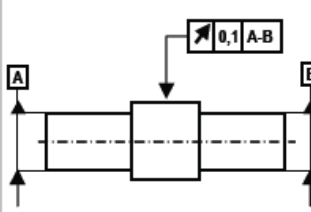
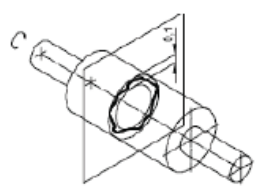
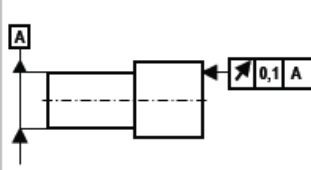
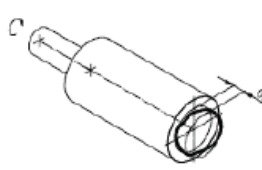
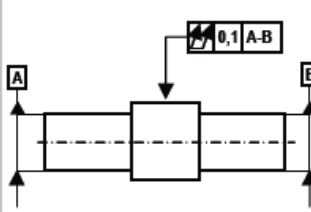
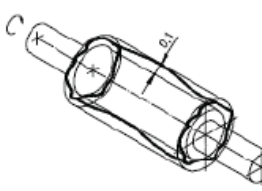
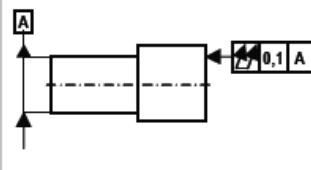
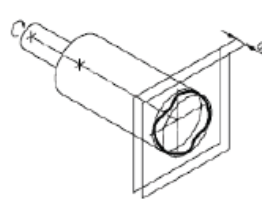
Cuando la tolerancia se aplica a una longitud parcial, en cualquier posición, el valor de dicha longitud debe añadirse detrás del valor de tolerancia, separado por una barra inclinada. Igualmente, si en lugar de una longitud, se refiere a una superficie, se usa la misma indicación.



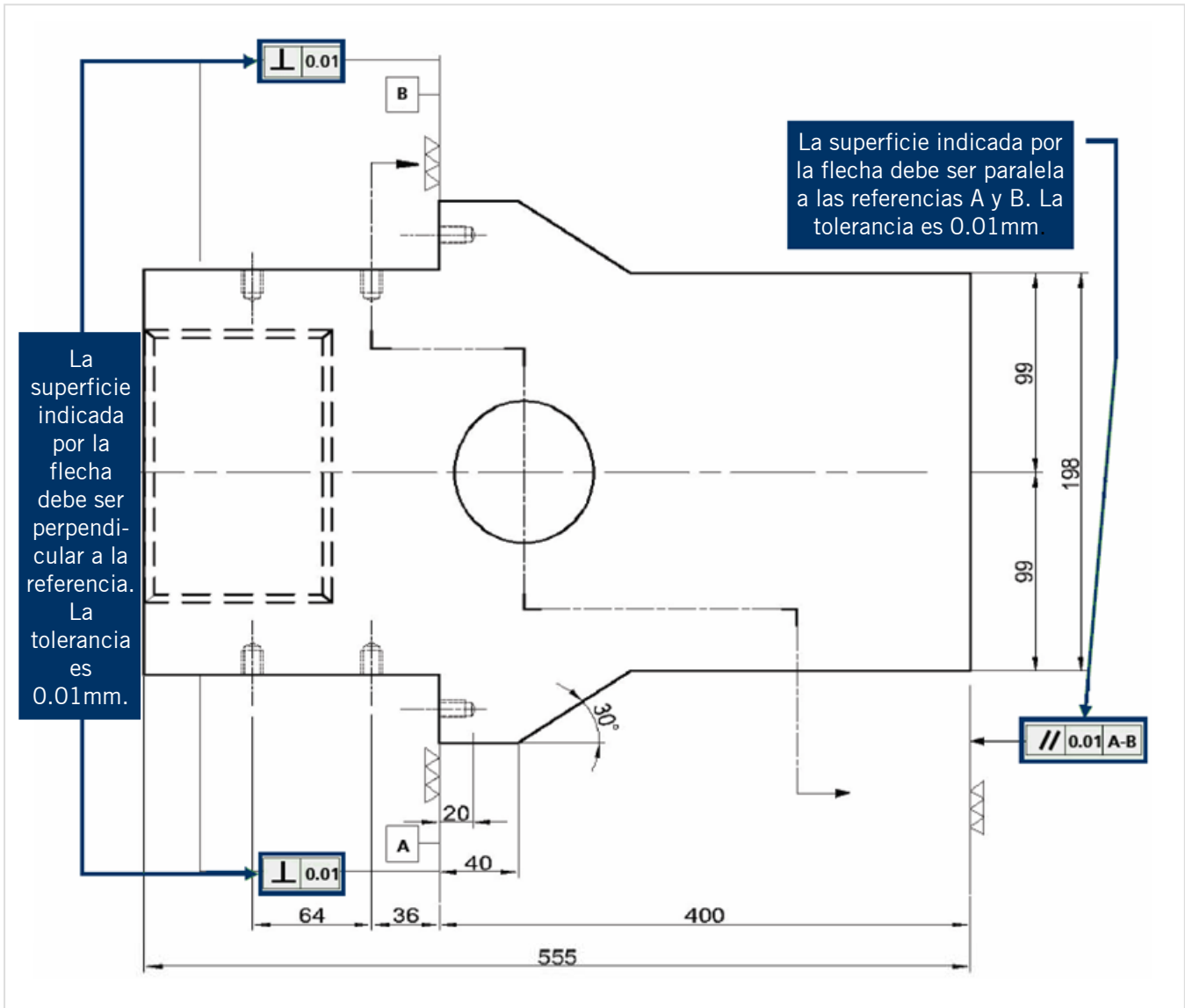
A continuación, veremos la utilización posible de estas tolerancias de forma y posición que encontraremos en los planos.

	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	INDICACIÓN EN EL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	INTERPRETACIÓN
TOLERANCIAS DE FORMA	Rectitud				El eje del cilindro deberá estar contenido en el interior de un cilindro de 0.1 mm de diámetro.
	Planicidad				La superficie plana deberá estar contenida entre dos planos paralelos separados 0.05 mm.
	Redondez				El contorno circular de cualquier sección transversal deberá estar contenido entre dos circunferencias concéntricas cuya diferencia de radios es 0.05 mm.
	Cilindricidad				La superficie cilíndrica deberá estar contenida entre dos cilindros coaxiales cuya diferencia de radios es 0.05 mm.
	Forma de línea				En cada sección paralela al plano de proyección, el perfil controlado deberá estar contenido entre dos envolventes de círculos de diámetro 0.2 mm, cuyos centros están situados sobre un perfil geométricamente perfecto.
	Forma de superficie				La superficie controlada deberá estar contenida entre dos superficies envolventes de esferas de diámetro 0.2 mm, cuyos centros están situados sobre una superficie geométricamente perfecta.

	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	INDICACIÓN EN EL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	INTERPRETACIÓN
TOLERANCIAS DE DIRECCIÓN	Paralelismo				El plano controlado deberá estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.1 mm y paralelos al plano de referencia A.
	Perpendicularidad				El eje del cilindro controlado deberá estar contenido dentro de un cilindro de diámetro 0.03 mm y eje perpendicular al plano de referencia A.
	Inclinación				El plano controlado deberá estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.1 mm e inclinados 25° con respecto al plano de referencia A.
TOLERANCIAS DE LUGAR	Posición				Cada uno de los tres ejes taladros deberá estar situado dentro de un cilindro de diámetro 0.2 mm, cuyo eje coincidirá con la posición teórica exacta de los ejes de dichos taladros, la cual ha sido establecida con respecto a los planos de referencia A y B.
	Concentricidad y coaxialidad				El eje del cilindro controlado deberá estar situado dentro de un cilindro de diámetro 0.05 mm y coaxial con el eje de referencia A.
	Simetría				El plano de simetría de la ranura deberá estar situado entre dos planos paralelos separados 0.05 mm y situados simétricamente con respecto al plano medio A de referencia.

	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	INDICACIÓN EN EL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	INTERPRETACIÓN
TOLERANCIAS DE OSCILACIÓN	Circular	↗			<p>OSCILACIÓN CIRCULAR RADIAL</p> <p>En cualquier posición de medición radial, la oscilación máxima del contorno de la sección correspondiente está limitada por dos círculos concéntricos cuya diferencia de radios es 0.1 mm y centro coincidente con el eje de referencia A-B, durante una revolución completa de la pieza alrededor de dicho eje.</p>
					<p>OSCILACIÓN CIRCULAR AXIAL</p> <p>En cualquier posición de medición axial, la oscilación máxima del contorno de la sección correspondiente está limitada por dos círculos paralelos separados 0.1 mm y centro coincidente con el eje de referencia A, durante una revolución completa de la pieza alrededor de dicho eje.</p>
	Total	↗↘			<p>OSCILACIÓN TOTAL RADIAL</p> <p>En toda superficie cilíndrica, la máxima oscilación radial que puede presentar la misma está limitada por dos cilindros coaxiales cuya diferencia de radios es de 0.1 mm y cuyos ejes de referencia A-B, durante varias revoluciones de la pieza alrededor de dicho eje y con desplazamiento axial del equipo de medida.</p>
					<p>OSCILACIÓN TOTAL AXIAL</p> <p>En toda la superficie especificada, la máxima oscilación axial que puede presentar la misma está limitada por dos planos paralelos separados 0.1 mm y perpendiculares al eje de referencia A, durante varias revoluciones de la pieza alrededor de dicho eje y con desplazamiento radial del instrumento de medida.</p>

En la siguiente figura, veremos cómo se aplican las tolerancias de forma y posición en los planos. ¿Qué es lo que significa cada una de estas acotaciones en el plano? Observemos qué se pide:



ACTIVIDAD 5. Clases de Tolerancias de Forma y Posición.

Para profundizar los conocimientos acerca de la simbología usada para las tolerancias de forma y posición, se propone la siguiente actividad.



¿A qué tolerancias pertenecen estos símbolos? Completar en las cajas vacías con los nombres de las propiedades toleradas por estos símbolos.

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ACTIVIDAD 6. Tolerancias de Forma y Posición.

Para profundizar los conocimientos acerca de la notación usada para las tolerancias de forma y posición, se propone la siguiente actividad.



¿Qué significan estas acotaciones? Leer las interpretaciones y completar con las letras correspondientes.

A			<p>Cualquier línea de la superficie indicada por el rectángulo de tolerancia deberá estar comprendida entre dos rectas paralelas equidistantes 0.05 mm.</p>
B			<p>La superficie superior del componente debe estar comprendida entre dos planos paralelos entre sí y a la superficie de referencia A, separados 0.1 mm.</p>
C			<p>El eje del cilindro indicado por el rectángulo de tolerancia, el derecho, debe encontrarse en el interior de una zona cilíndrica de tolerancia de diámetro 0.1 mm, coaxial con el eje de referencia, el izquierdo.</p>
D			<p>El plano de simetría de la ranura debe estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.025 mm y colocados simétricamente respecto al plano de simetría que especifica la referencia A.</p>

¡Felicitaciones!

Usted ha finalizado el capítulo 2.

A continuación se desarrollará el capítulo Ajustes.



Ajustes

TEMAS DEL CAPÍTULO 3

3.1 ¿Qué es un ajuste?	44
3.1.1 Sistemas de Ajuste	45
3.1.2 Clases de Ajuste	49
3.1.3 Representación de los Ajustes	59
3.1.4 Calidades de Ajuste	60

En este capítulo trataremos el tema de los Ajustes, que es la relación resultante, antes de la unión, entre las dimensiones de dos piezas destinadas a ser vinculadas.



3.1 ¿Qué es un Ajuste?

Observemos las siguientes imágenes y reflexionemos:



¿Cómo se lleva un reloj pulsera?

- Ajustado
- Muy ajustado
- Holgado
- Muy holgado



¿Cómo se lleva un anillo?

- Ajustado
- Muy ajustado
- Holgado
- Muy holgado

Veamos: el reloj forma un conjunto con la muñeca, así como el anillo con el dedo. En el caso del reloj, se suele llevar holgado, ya que, de otra manera, nos cortaría la circulación. En cambio, en el del anillo, suele llevarse ajustado, pues si no se caería.

¿Qué tipo de relación se establece entre estos dos conjuntos, el reloj con la muñeca y el anillo con el dedo?

Al igual que con los conjuntos que forman las piezas mecánicas, en estos dos conjuntos existe una relación que depende de la función que tengan o de su uso. A esta relación se la llama **Ajuste**.

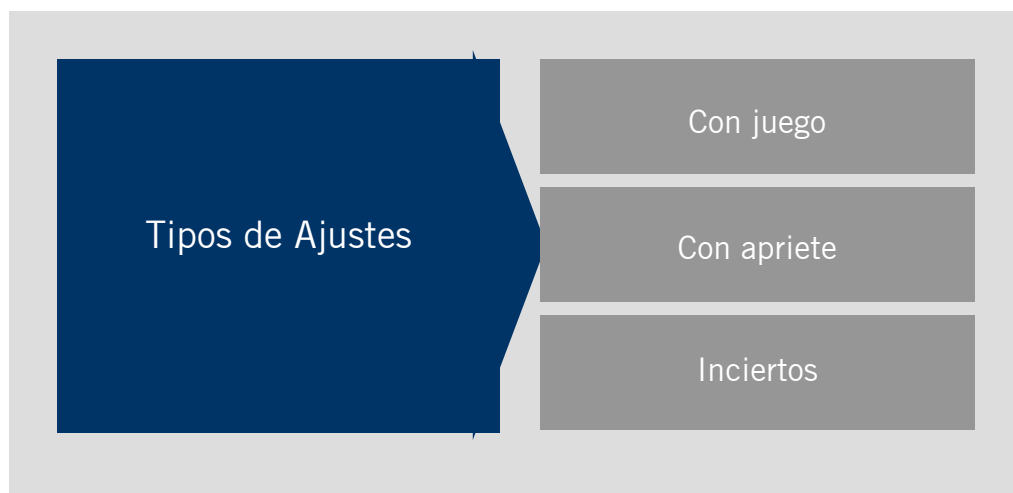
¿Cómo definimos Ajuste?

Ajuste es la relación resultante, antes de la unión, entre las dos dimensiones de dos piezas, destinadas a ser vinculadas y de igual medida nominal.

Cuando dos piezas se vinculan entre sí, forman lo que se conoce como “ajuste”. De esta unión puede resultar que las piezas se muevan o queden fuertemente adheridas una respecto de la otra. Esto dependerá de las medidas finales o efectivas que tengan ambas piezas.

El tipo de unión o ajuste que tendrán las dos piezas –macho (o eje) y hembra (o agujero)- se fundamenta en la necesidad de lograr diferentes tipos de unión entre las dos piezas.

En general, los ajustes tienen nombres característicos, pero los podemos abarcar en tres grandes grupos:



Estos diferentes tipos de ajustes resultarán de la posición que ocupen las zonas de tolerancia de la pieza macho y de la pieza hembra, ya que las medidas nominales de ambas piezas son iguales.

SISTEMAS DE AJUSTES.

Cuando se prevé un ajuste entre dos piezas, se toma como referencia una de ellas. Podemos, por ejemplo, elegir la pieza hembra y llegar a medida en la pieza macho, o tomar como referencia la pieza macho y llegar a medida en la pieza hembra.

Podemos decir, entonces, que según la pieza que se tome como referencia, existen dos sistemas de ajustes:



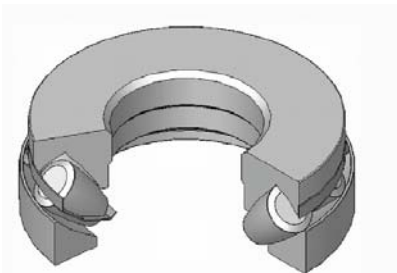
RECUERDE

El ajuste se calcula o prevé antes de que las piezas sean fabricadas.



EJEMPLO

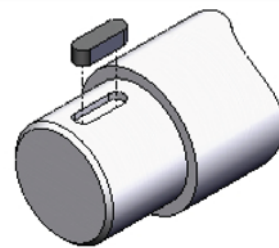
Si se quiere montar un rodamiento en un eje, la pieza que se toma como referencia aquí es el rodamiento. Su pista interior hará las veces de pieza hembra y se mecaniza el eje para llegar al correcto montaje y ajuste deseado. Se trata del Sistema Agujero Único.



*Rodamiento axial
Sistema Agujero Único*

EJEMPLO

En el caso de una chaveta y su chavetero, la que se toma como referencia es la chaveta, que hace las veces de pieza macho, y se mecaniza el chavetero para lograr el ajuste buscado. Se trata del Sistema Eje Único.

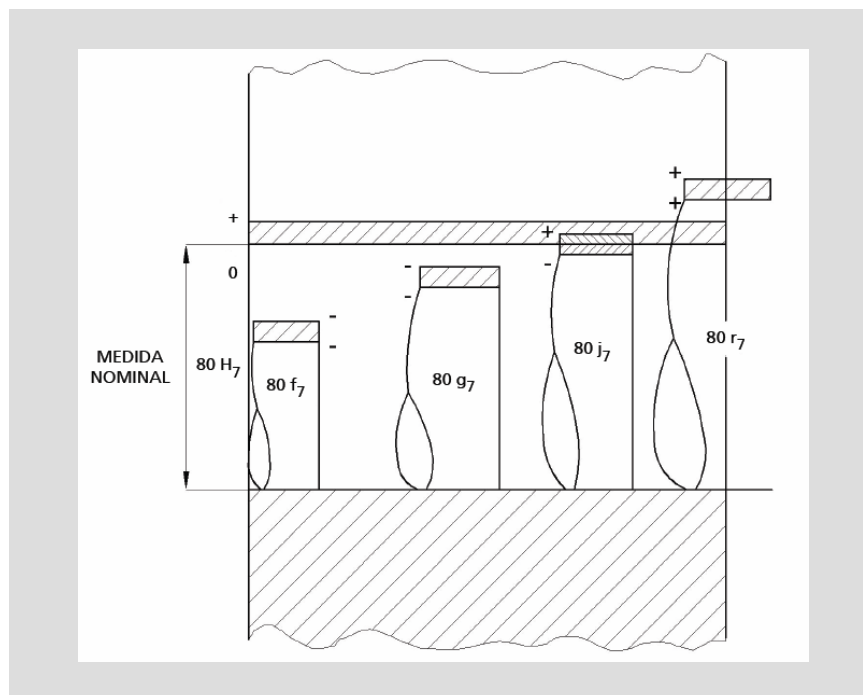


*Chaveta y chavetero
Sistema Eje Único*

Sistema Agujero Único.

En este sistema de ajuste, como ya dijimos, la que se toma como referencia es la pieza hembra, de ahí su nombre. La tolerancia de la pieza macho, cualquiera sea su calidad o medida nominal, se ubica en la posición **H**. Los diferentes ajustes se logran por variación de la ubicación de la tolerancia de la pieza macho.

Observemos el siguiente dibujo:



Este sistema es el más empleado en la construcción mecánica y es el recomendado por las normas, resultando el más económico, ya que cada agujero **H** solo requiere un **escariador de acabado**. Los ejes se pueden rectificar al diámetro necesario correspondiente a cada ajuste.

Algunas aplicaciones son: máquinas herramienta, rodamientos, herramientas neumáticas, etc.

GLOSARIO



ESCARIADOR DE ACABADO:

Es una herramienta manual de corte que se utiliza para conseguir agujeros pulidos y de precisión cuando no es posible conseguirlos con una operación de taladrado normal. Los escariadores normalizados se fabrican para conseguir agujeros con tolerancia H7, y con diámetros normales en milímetros o pulgadas.

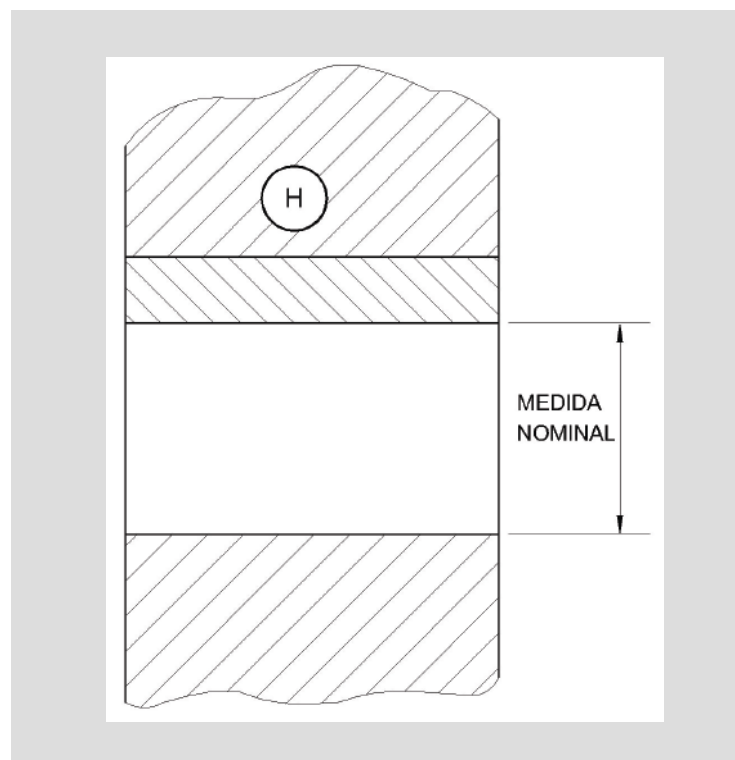


Escariador de máquina

RECUERDE

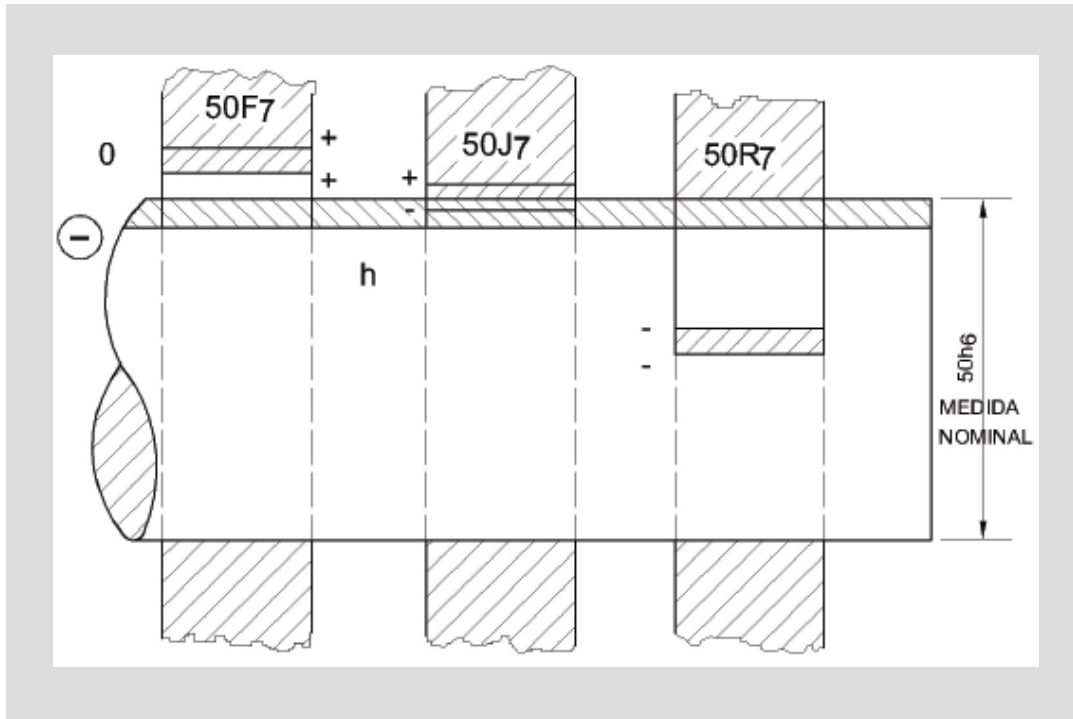


En el Sistema Agujero Único, la letra que lleva la pieza hembra es la H. Esta letra ubica el campo de tolerancia con respecto a la nominal.



Sistema Eje Único.

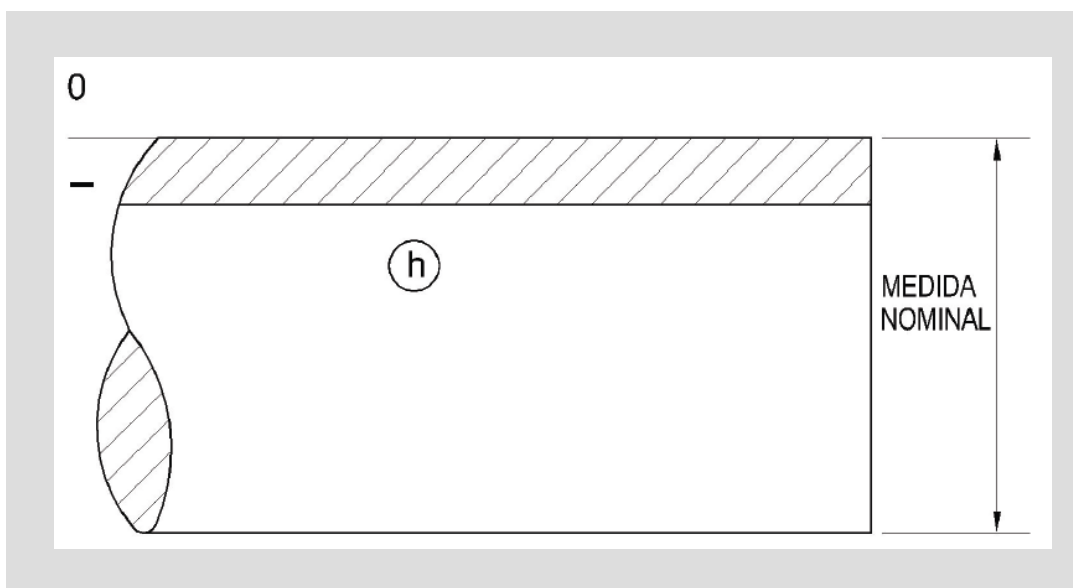
En el Sistema Eje Único, la tolerancia del eje se mantiene en la posición que ubica la h . Los diversos ajustes se logran variando la posición de las tolerancias de los agujeros.



Este sistema se utiliza para facilitar la fabricación en algunos casos en que deban montarse varios elementos con distintos tipos de ajustes sobre ejes calibrados por estirado o rectificado.

RECUERDE

En el Sistema Eje Único, la letra que lleva la pieza macho es la “ h ”. Esta letra ubica el campo de tolerancia con respecto a la nominal.



CLASES DE AJUSTES.

Luego de haber visto los dos sistemas de ajustes, veremos cómo aplicarlos en relación al tipo de unión que pueden tener las piezas macho y hembra.

Recordemos que había tres tipos de clases de ajustes:

- Con juego.
- Con apriete.
- Incierto.

Veamos de qué se trata cada uno de ellos.

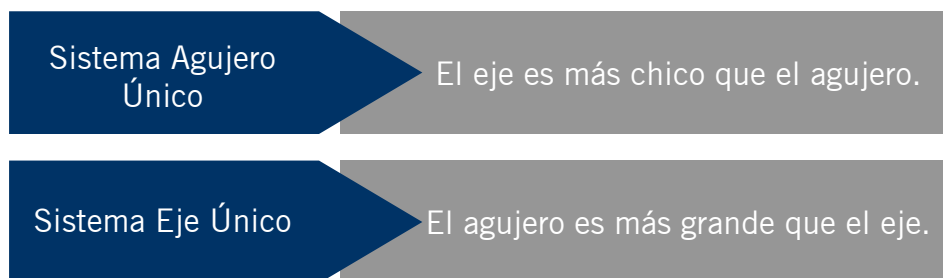
Ajuste con juego.

En el ajuste con juego, las piezas pueden moverse con mayor o menor libertad una respecto de la otra.

Una vez terminadas las piezas, pueden darse dos casos:

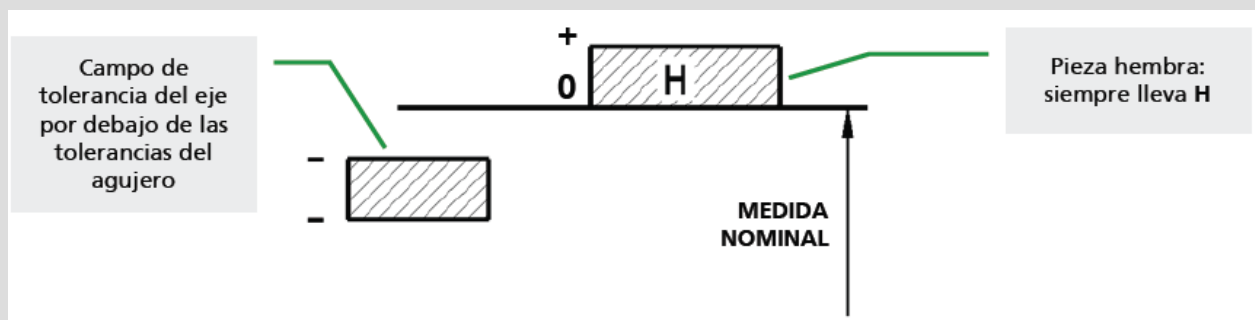
- el eje, o pieza macho, queda más chico que el agujero,
- o el agujero, o pieza hembra, queda más grande que el eje.

Esto, que parece un juego de palabras, no lo es, si analizamos el ajuste con juego en los dos sistemas de ajustes vistos.



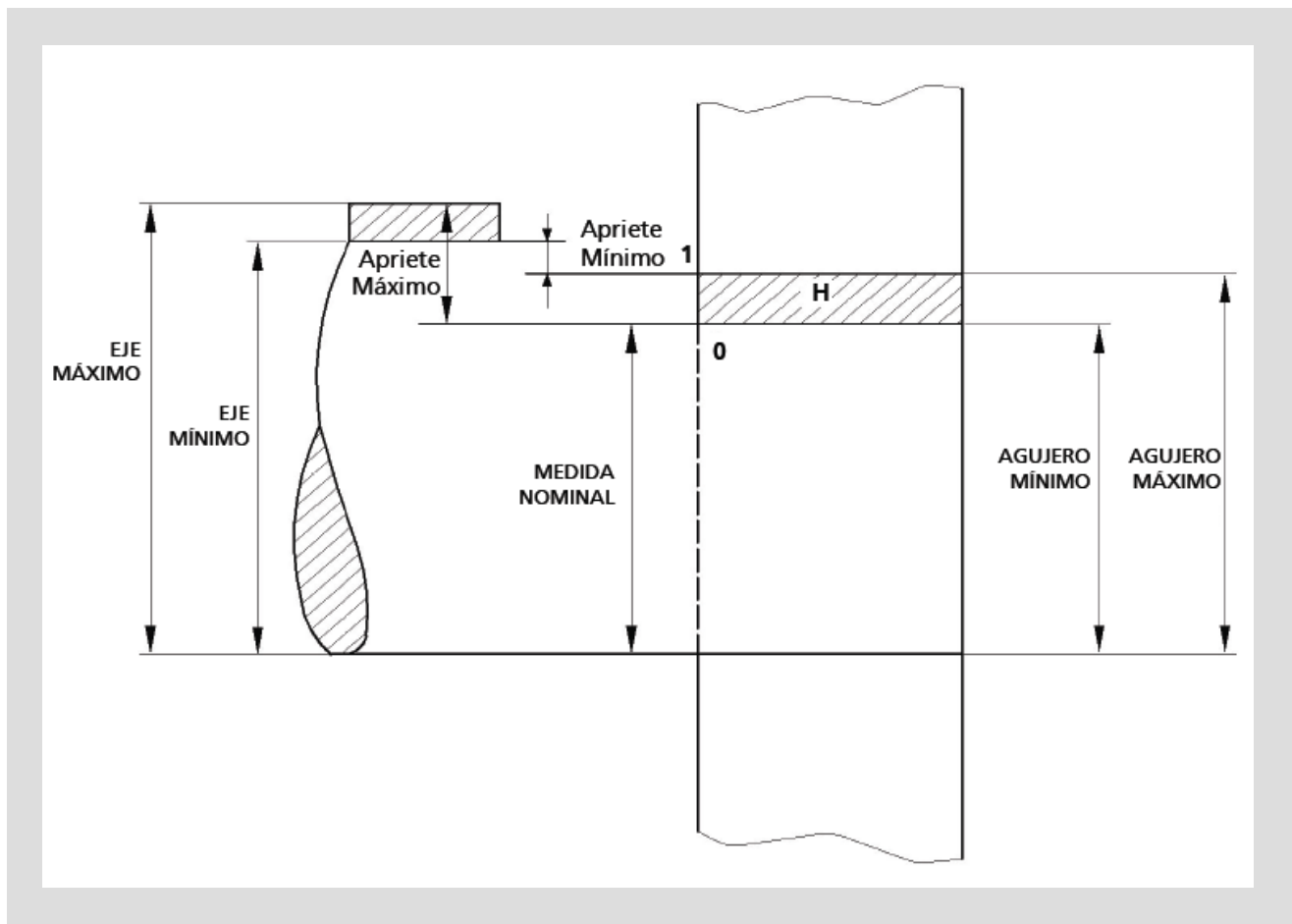
Ajuste con juego en el Sistema Agujero Único

En el sistema Agujero Único, el eje debe tener las tolerancias por debajo de las tolerancias del agujero o pieza hembra. La pieza hembra siempre lleva la **H** en este sistema.



También aquí podemos advertir la variedad de ajustes con apriete. Se cumple nuevamente lo dicho anteriormente para los ajustes con juego.

De acuerdo a las medidas máximas y mínimas permitidas en ambas piezas, se puede producir un **apriete máximo** y un **apriete mínimo** permitidos.



La expresión de ambos es:

Apriete Máximo

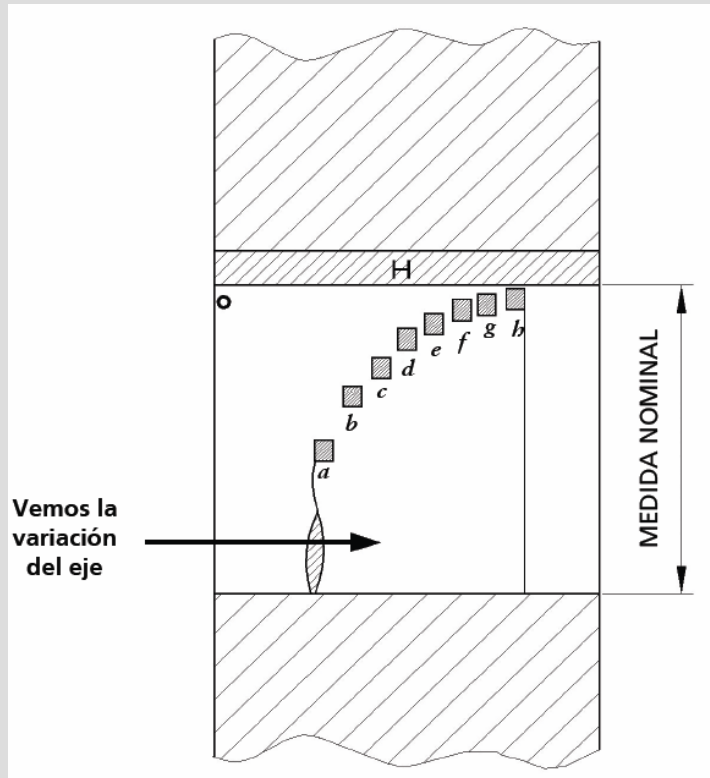
Eje máximo – Agujero mínimo

Apriete Mínimo

Eje mínimo – Agujero máximo

Las letras del abecedario que ubican las tolerancias para que resulte un ajuste con juego, van desde la **a** hasta la **h**. Son letras minúsculas porque la que varía es la pieza macho.

Como podemos ver en la siguiente figura, existen varias alternativas de ajuste con juego. Cada una cumplirá con algún caso especial así requerido.

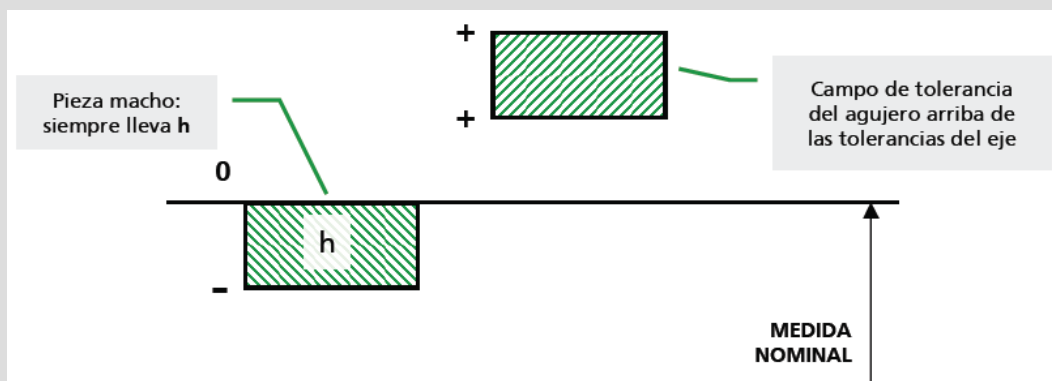


Es decir, tanto la **e** como la **f**, o la **g**, dan ajuste con juego. Cada una se usará en algún caso en particular.

Ajuste con juego en el Sistema Eje Único

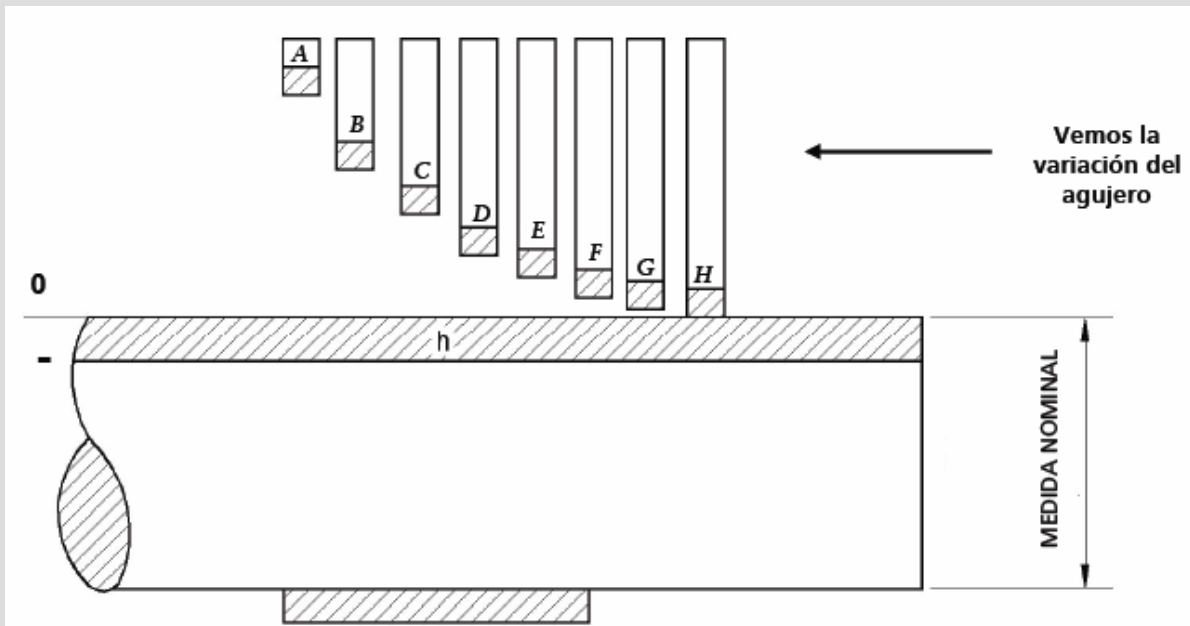
En el Sistema Eje Único, la pieza macho siempre lleva **h**. Además, para que se produzca el ajuste con juego, el campo de tolerancia del agujero debe estar arriba de las del eje.

Observemos:

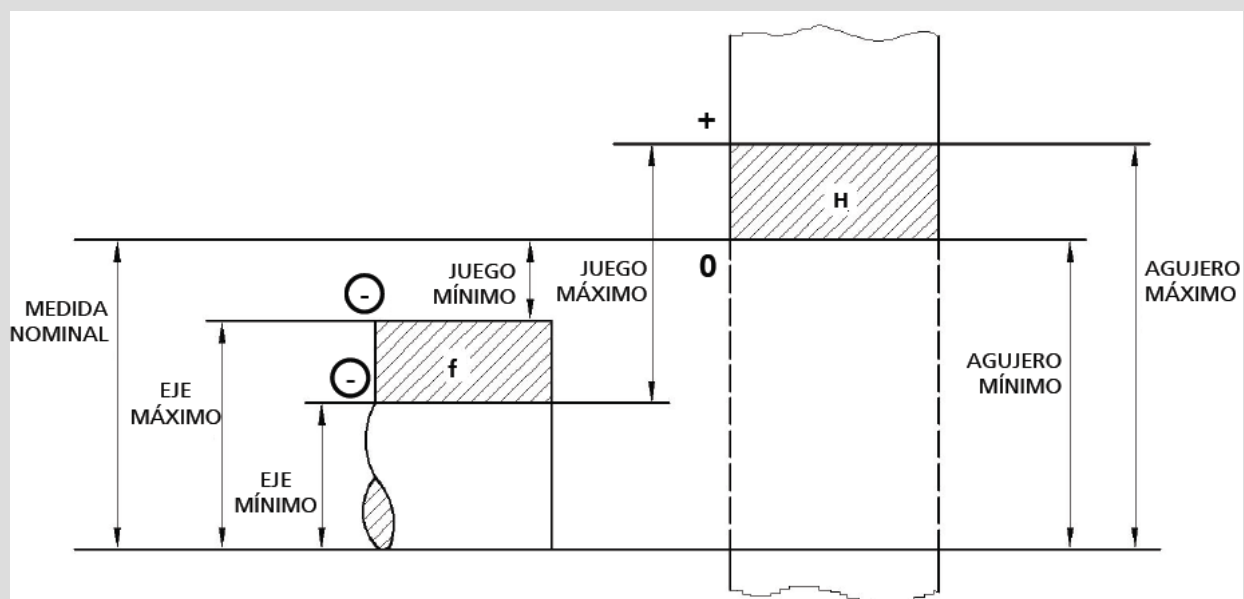


Las letras del abecedario que dan este tipo de ajuste con juego van desde la **A** hasta la **H**. Son letras mayúsculas porque la que varía es la pieza hembra.

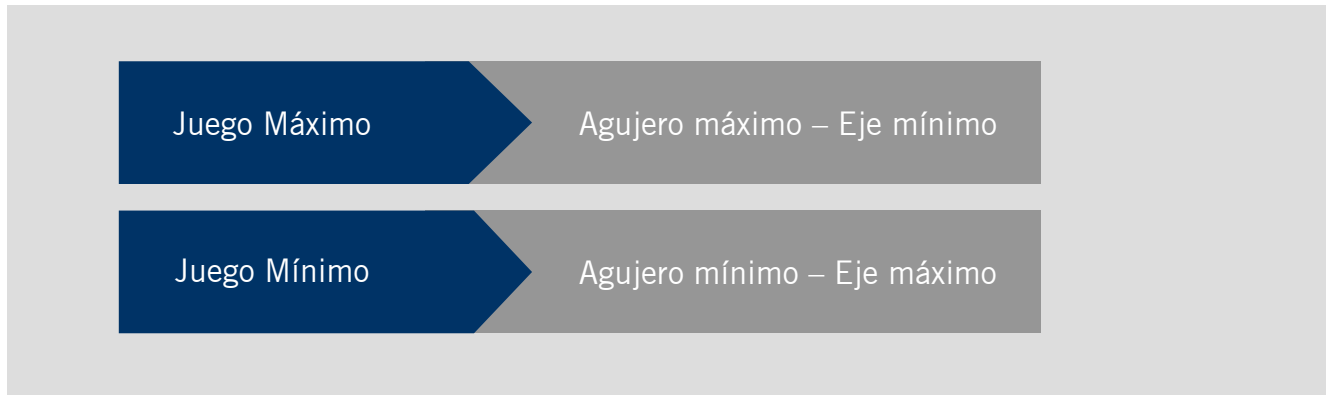
Observemos la siguiente figura, donde podemos ver las distintas alternativas de ajuste con juego en este sistema. Cada una cumplirá con algún caso especial así requerido.



Después de ver el ajuste con juego en los dos sistemas, observamos que, de acuerdo a las medidas máximas y mínimas de ambas piezas, se puede producir entre los dos lo que se conoce como **juego máximo** y **juego mínimo**.



La expresión de ambos es:



Veamos más en detalle cómo calcularlos:

Juego Máximo

Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje.
Así supongamos:

Agujero Máximo	=	35.025 mm			
Eje Mínimo	=	34.995 mm	-		
Juego Máximo	=	0.030 mm			

Juego Mínimo

Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje.
Así supongamos:

Agujero Mínimo	=	35.000 mm			
Eje Máximo	=	34.995 mm	-		
Juego Mínimo	=	0.005 mm			

Ajuste con apriete.

A continuación, también analizaremos el ajuste con apriete en los dos sistemas de ajuste. Pero recordemos antes: se produce ajuste con apriete cuando las piezas, una vez montadas, quedan fuertemente unidas una respecto de la otra.

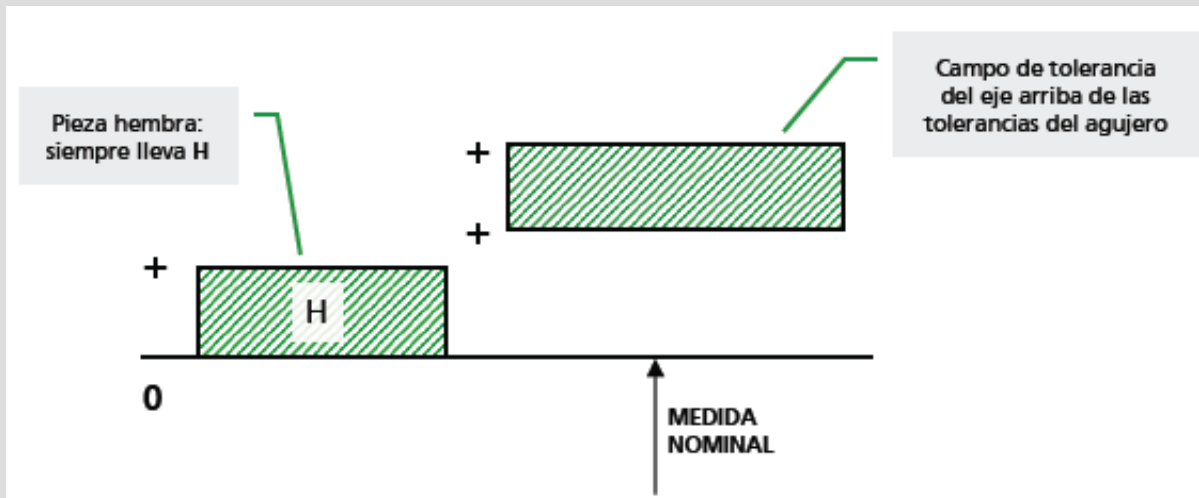
Nuevamente, se puede caer en el juego de palabras diciendo qué en este tipo de ajuste también se pueden dar dos situaciones:

- que el eje sea más grande que el agujero,
- o que el agujero sea más chico que el eje.

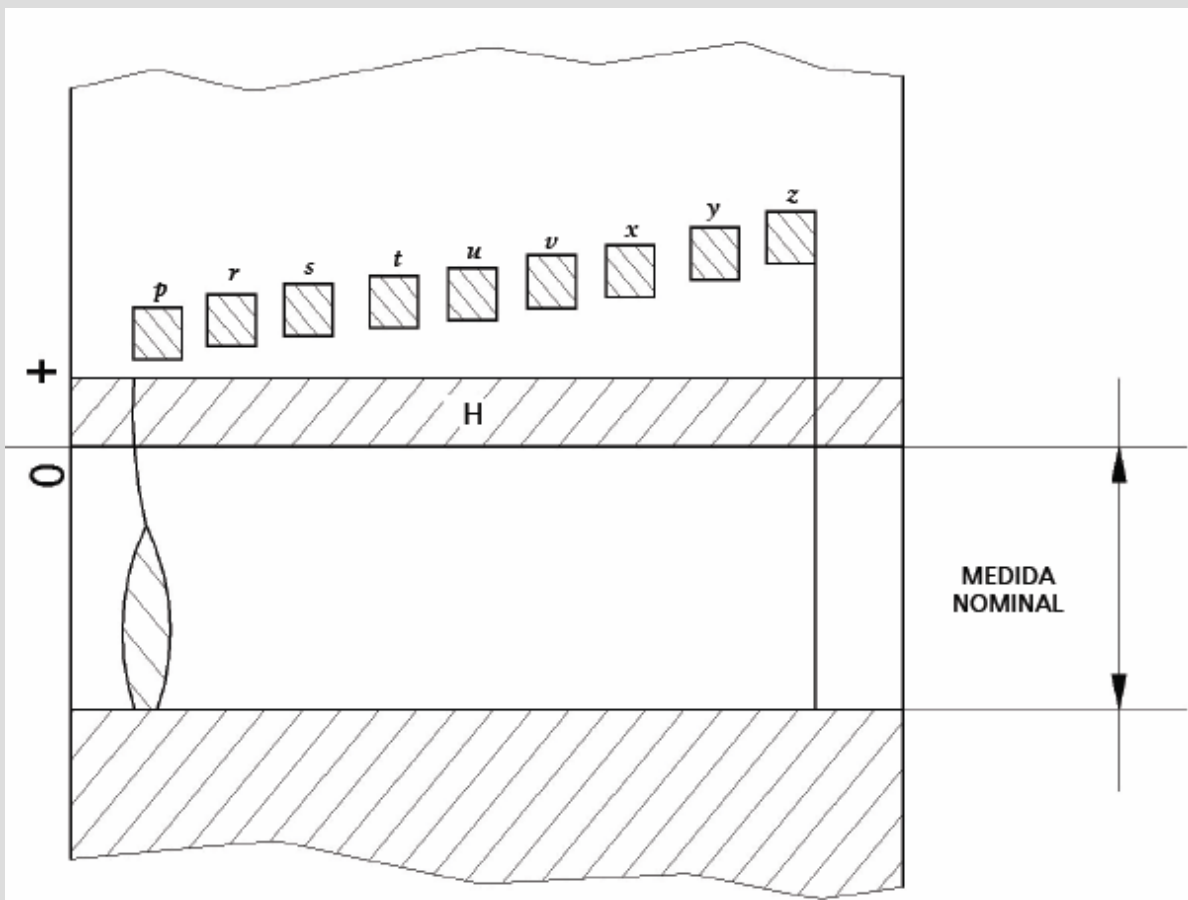
Esto va a depender del punto de vista del sistema de ajuste usado. Por lo tanto, analicémoslo en los dos sistemas de ajuste.

Ajuste con apriete en el Sistema Agujero Único

En el Sistema Agujero Único, la pieza hembra siempre lleva **H**. Además, el campo de tolerancia del eje se encuentra arriba del correspondiente a la pieza hembra o agujero. Esto implica que, en sus medidas finales, el eje es más grande que el agujero. Observemos:

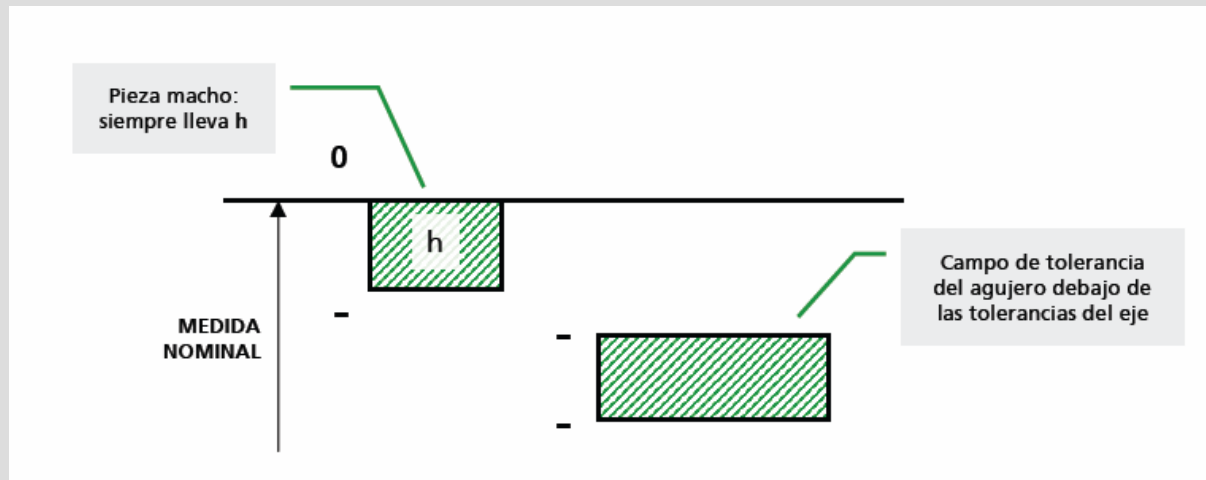


Las letras que ubican el campo de tolerancia para que se produzca ajuste con apriete van desde la *p* a la *z*. Se usan letras minúsculas porque estamos ubicando el campo de tolerancia para el eje y, lo que varía en este sistema es, precisamente, el eje.

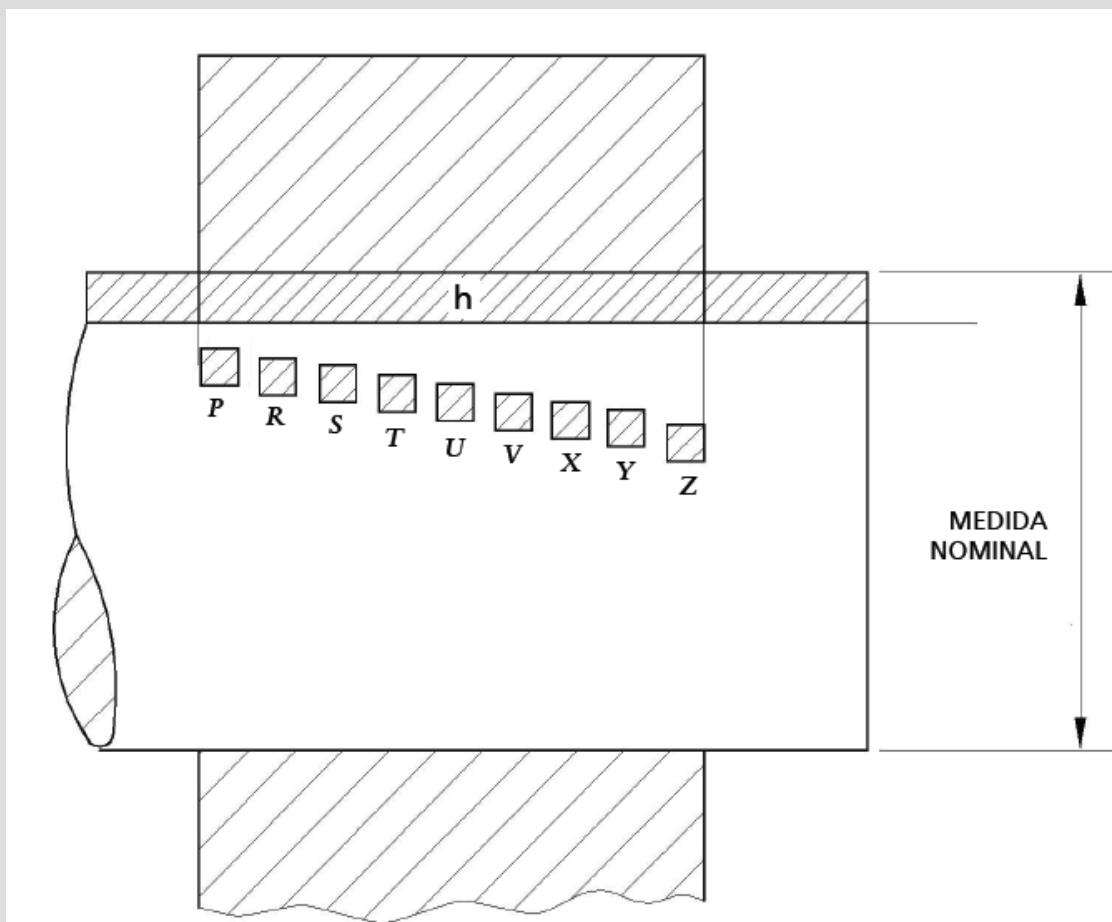


Ajuste con apriete en el Sistema Eje Único

En el Sistema Eje Único, el eje siempre lleva **h** y el campo de tolerancia del agujero está debajo del campo de tolerancia del eje. Esto implica que, en sus medidas finales, el agujero es más chico que el eje. Observemos:



Las letras que ubican el campo de tolerancia para que se produzca ajuste con apriete van desde la P a la Z. En este caso, se usan letras mayúsculas porque la que varía es la pieza hembra o agujero.



Veamos más en detalle cómo calcularlos:

Apriete Máximo		Apriete Mínimo	
Es la diferencia entre la dimensión máxima del eje y la medida mínima del agujero. Así supongamos:		Es la diferencia entre la dimensión mínima del eje y la medida máxima del agujero. Así supongamos:	
Eje Máximo	= 35.011 mm	Eje Mínimo	= 35.006 mm
Agujero Mínimo	= 34.000 mm	Agujero Máximo	= 35.003 mm
Apriete Máximo	= 0.011 mm	Apriete Mínimo	= 0.003 mm

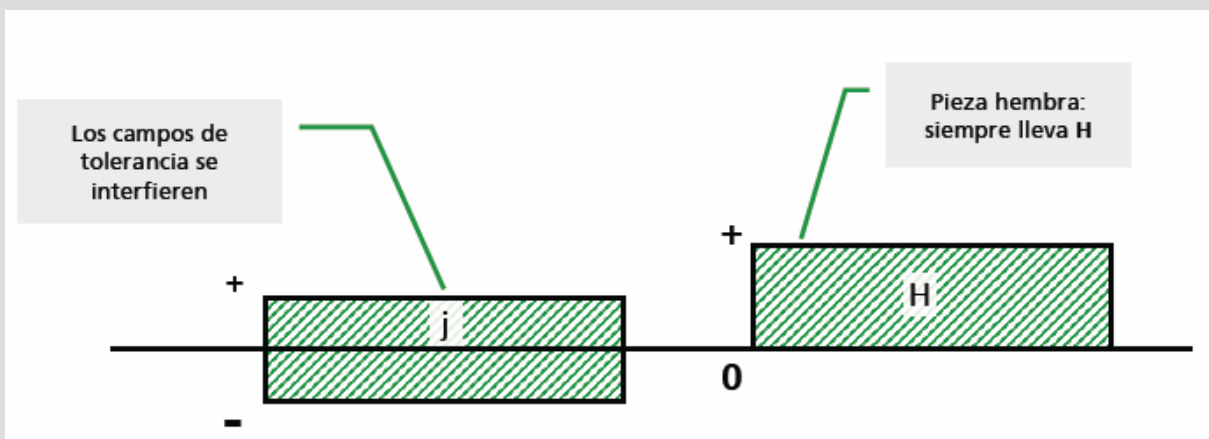
Ajuste incierto.

Este tipo de ajuste debe su nombre a que el tipo de vinculación que tendrán las piezas, recién se determinará cuando estén terminadas. Es decir que podrán vincularse tanto con juego como con apriete. Esto se debe a que los campos de tolerancias de ambas piezas se “interfieren”, no están arriba o abajo completamente uno de otro.

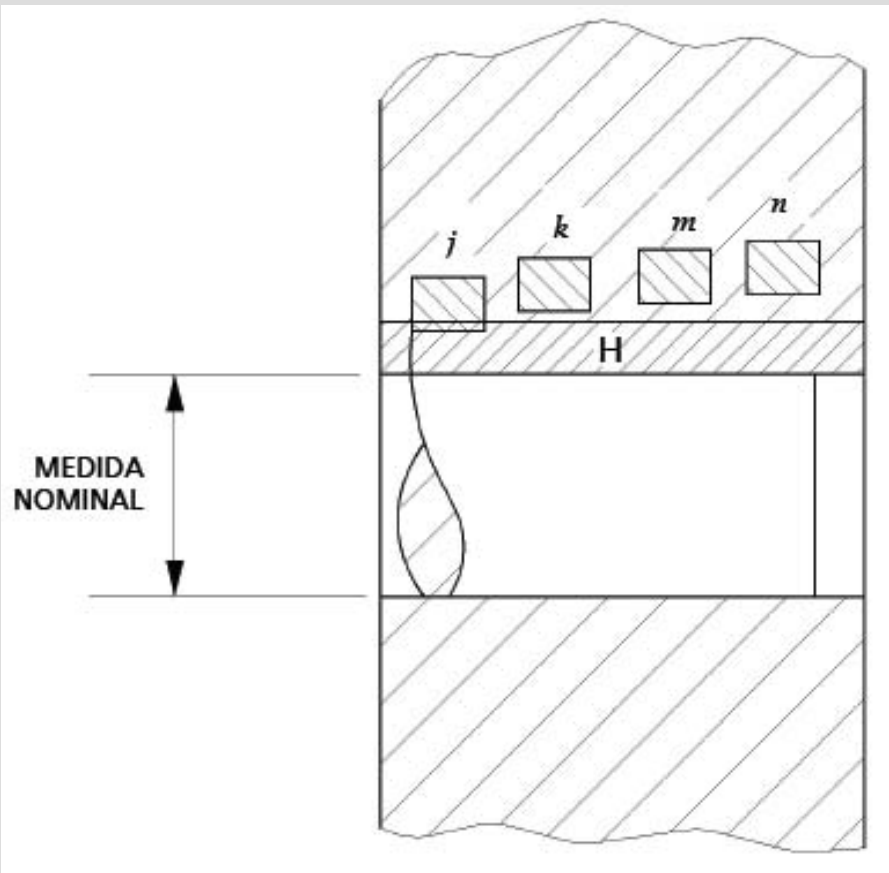
Analicemos esto en los dos sistemas de ajuste.

Ajuste incierto en el Sistema Agujero Único

En el Sistema Agujero Único, la pieza hembra siempre lleva **H**. Observemos cómo se ubican los campos de tolerancia:

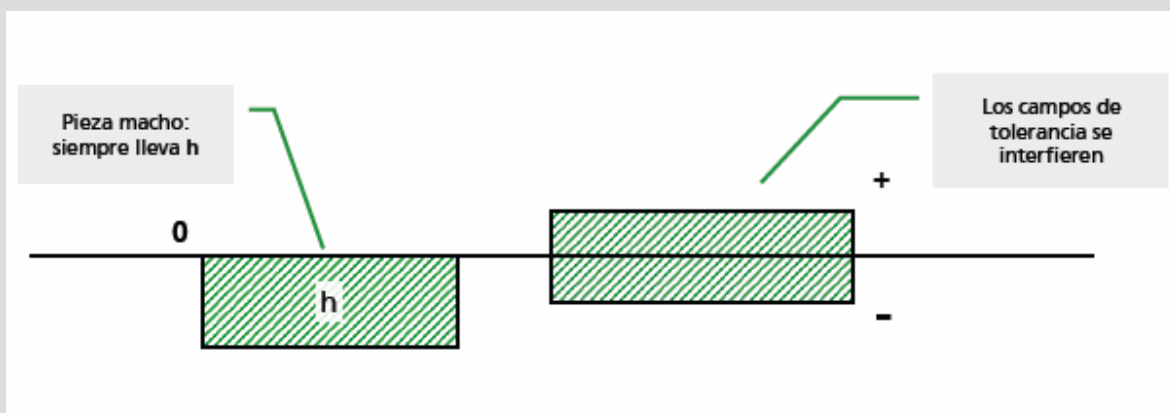


Las letras del abecedario que ubican las tolerancias para que resulte un ajuste incierto en este sistema son j , k , m y n . Son letras minúsculas porque la que varía es la pieza macho.

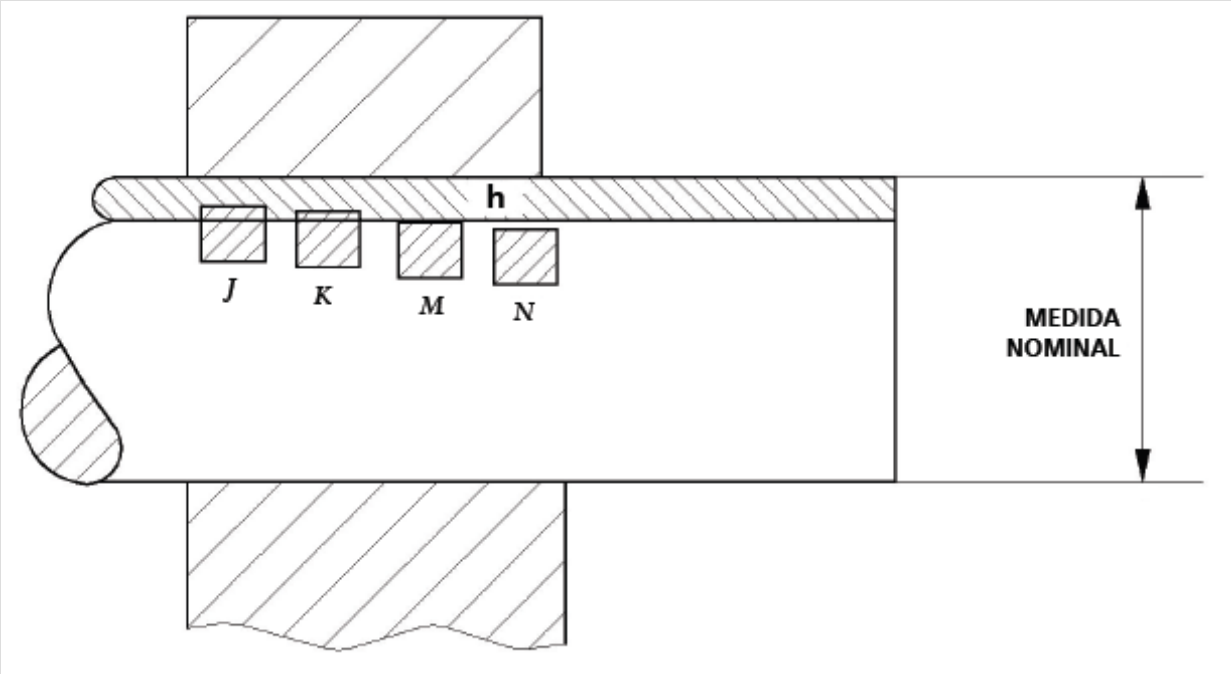


Ajuste incierto en el Sistema Eje Único

En el Sistema Eje Único, la pieza macho siempre lleva h . Observemos cómo se ubican los campos de tolerancia:



Las letras del abecedario que ubican las tolerancias para que resulte un ajuste incierto en este sistema son **J**, **K**, **M** y **N**. Son letras mayúsculas porque la que varía es la pieza hembra.



Aquí, de acuerdo a las medidas máximas y mínimas permitidas a ambas piezas, podemos tener un **juego máximo** y un **apriete máximo** entre ellas.

La expresión de ambos es:

Juego Máximo

Agujero máximo – Eje mínimo

Apriete Máximo

Eje máximo – Agujero mínimo

Veamos más en detalle cómo calcularlos:

Juego Máximo		Apriete Máximo	
Es la diferencia entre las medidas reales del agujero y del eje, cuando existe juego. Así supongamos:		Es la diferencia entre las medidas reales del eje y del agujero, cuando existe apriete. Así supongamos:	
Agujero Máximo	= 35.012 mm	Eje Máximo	= 35.009 mm
Eje Mínimo	= 35.004 mm	Agujero Mínimo	= 35.003 mm
Juego Máximo	= 0.008 mm	Apriete Máximo	= 0.006 mm

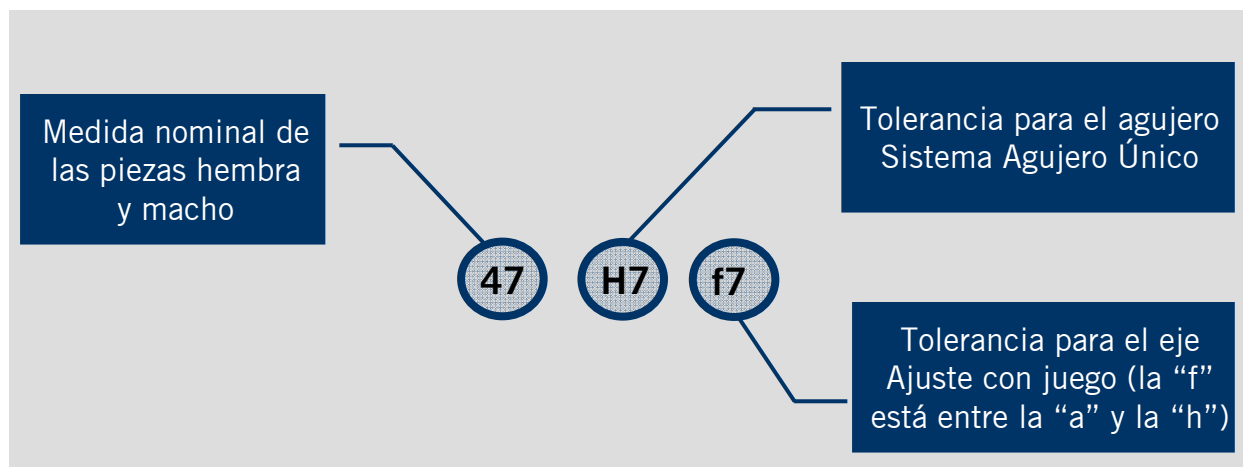
REPRESENTACIÓN DE LOS AJUSTES.

En los planos o croquis los ajustes se representan de la siguiente manera: 47 H7 f7. Analicemos esta acotación.

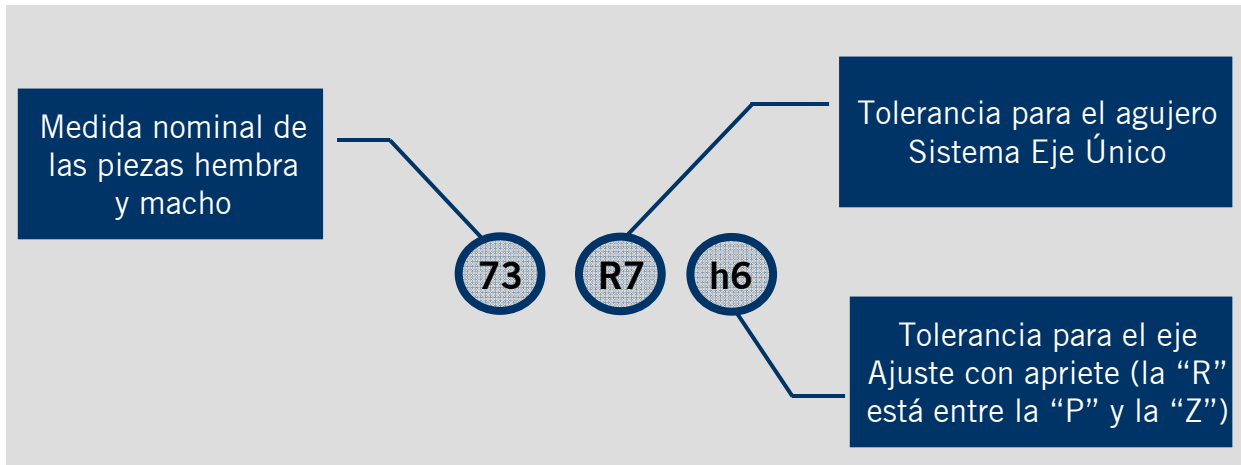
Aquí, 47 es la medida nominal de las dos piezas (macho y hembra). Luego viene una letra mayúscula con su calidad, que presenta las tolerancias para el agujero. Siempre va primero la mayúscula, sea esta letra o no la *hache*. Luego viene la minúscula que, sea o no la *hache*, dará la tolerancia para el eje.

Es importante recordar que las dos letras, o una al menos, deber ser la *hache* para poder determinar en qué sistema de ajuste estamos. Luego, la letra que no es la *hache*, ya sea mayúscula o minúscula, da el tipo de ajuste.

Veámoslo con el ejemplo:



Veamos otro ejemplo:



RECUERDE



En la acotación de los ajustes en planos:

La letra H/h determina el Sistema de Ajuste	H	Sistema Agujero Único
	h	Sistema Eje Único
La otra letra indica el tipo de Ajuste	a-h A-H	Ajuste con Juego
	p-z P-Z	Ajuste con Apriete
	j k m n J K M N	Sistema Eje Único

CALIDADES DE AJUSTES.

Se denominan así a los distintos grados de precisión que se pueden determinar para una pieza a construir. Para fijar este concepto, es necesario admitir que no todas las dimensiones de una pieza pueden requerir la misma precisión. Algunas pueden admitir errores apreciables, otras, en cambio, deberán adaptarse a márgenes de tolerancia mucho más estrechos.

EJEMPLO



- El diámetro de un eje deberá ser mucho más preciso que su longitud total.
- Las piezas de los instrumentos de precisión o de medición exigen una calidad de ajuste muy superior a la de las piezas corrientes.

De acuerdo a la mayor o menor tolerancia admitida, la calidad de los ajustes puede dividirse en cuatro tipos:



Las normas prevén que, para el sistema agujero único, las calidades de tolerancias sean H6, H7, H8 y H11, y para el sistema eje único h5, h6, h8, h7 y h11. A medida que el número sube, la tolerancia sube y la calidad baja.

Por ejemplo:

45 H6 = 16

45 H7 = 22

45 H8 = 39

45 H11 = 160

Elección de los ajustes.

Dada la cantidad de ajustes posibles, haría falta disponer de gran cantidad de herramientas (por ejemplo, escariadores), útiles de sujeción (por ejemplo, mandriles de sujeción) y calibres. Para limitar estos elementos, en la siguientes tablas podemos encontrar una selección de ajustes suficientes para las aplicaciones prácticas y que deben utilizarse con preferencia.

Elección de Ajustes Sistema Agujero Único				
AGUJERO H6 – AJUSTE DE PRECISIÓN				
Ajustes para los ejes	Ajuste forzado	n5	Ajuste de entrada suave	j5
	Ajuste de arrastre	m5	Ajuste de deslizamiento	h5
	Ajuste de adherencia	k5	Ajuste de juego libre	g5
AGUJERO H7 – AJUSTE FINO				
Ajustes para los ejes	Ajuste a presión	s6 y r6	Ajuste de deslizamiento	h6
	Ajuste forzado	n6	Ajuste de juego libre justo	g6
	Ajuste de arrastre	m6	Ajuste de juego libre	f7
	Ajuste de adherencia	k6	Ajuste de juego ligero	e8
	Ajuste de entrada suave	j6	Ajuste de juego fuerte	d9
AGUJERO H8 – AJUSTE CORRIENTE				
Ajustes para los ejes	Ajuste con deslizamiento		h8 y h9	
	Ajuste con juego libre		f8 y e9	
	Ajuste con gran juego libre		d10	
AGUJERO H11 – AJUSTE ORDINARIO O BASTO				
Ajustes para los ejes	Ajuste basto según:		h11 – d11 – e11 – b11 – a11	

Elección de Ajustes Sistema Eje Único				
EJE h5 – AJUSTE DE PRECISIÓN				
Ajustes para los agujeros	Ajuste forzado	N6	Ajuste de entrada suave	J6
	Ajuste de arrastre	M6	Ajuste de deslizamiento	H6 – G6
	Ajuste de adherencia	K6		
EJE h6 – AJUSTE FINO				
Ajustes para los agujeros	Ajuste a presión	S7 – R7	Ajuste de deslizamiento	H7
	Ajuste forzado	N7	Ajuste de juego libre justo	G7
	Ajuste de arrastre	M7	Ajuste de juego libre	F7
	Ajuste de adherencia	K7	Ajuste de juego ligero	E8
	Ajuste de entrada suave	J7	Ajuste de juego fuerte	D9
EJE h8 Y h9 – AJUSTE CORRIENTE				
Ajustes para los agujeros	Ajuste con deslizamiento		H8	
	Ajuste con juego libre		F8 – E9	
	Ajuste con gran juego libre		D10	
EJE h11 – AJUSTE ORDINARIO O BASTO				
Ajustes para los agujeros	Ajuste basto según:		H11 – D11 – C11 – B11 – A11	

ANEXO



Para observar la aplicación práctica de estos ajustes, vamos al Anexo Tabla N° 1. Allí se ven reflejadas dichas aplicaciones.

Ajustes con apriete.

Para facilitar el montaje de los ajustes prensados y evitar tensiones excesivas a los materiales durante el montaje, es conveniente calentar el agujero a una temperatura muy superior a la del eje. La dilatación del agujero facilita el montaje: una vez enfriado, disminuye el diámetro del agujero y el apriete resulta más fuerte.

A continuación, presentamos en una tabla la diferencia de temperatura entre pieza macho y pieza hembra. Estas diferencias que aparecen en cada casilla se han de entender que corresponden a diámetros nominales.

AJUSTE CON APRIETE.

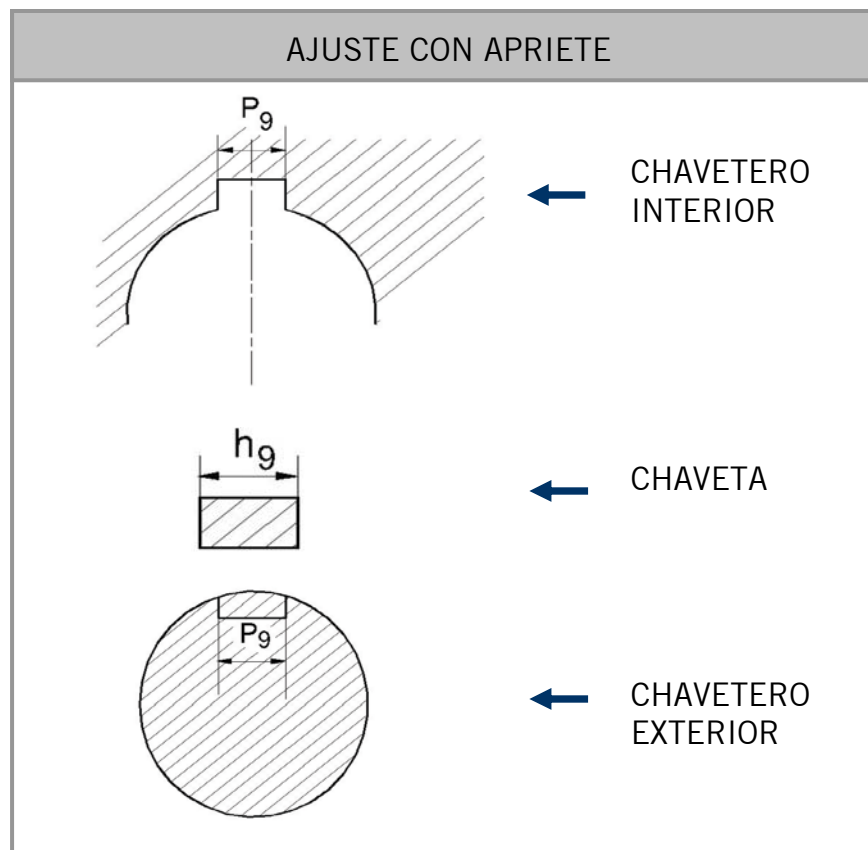
Tabla de la Diferencia de Temperaturas entre las piezas.

MATERIAL	MONTAJE	GRUPOS DE DIÁMETROS (mm)	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA EN °C ENTRE LAS 2 PIEZAS A AJUSTAR								
			H6n5	H7n6	H6n6	H7n6	H7n7 H7n6	H7s6 H7n6	H7u7	H8k7	H8u7
ACERO	MARTILLO O PRENSA	HASTA 18	100	--	150	100	190	200	260	100	260
		18 A 50	80	--	110	80	140	180	270	80	270
> 50		50	--	80	60	90	160	150	60	150	
ACERO	MANO	HASTA 18	160	160	220	160	300	320	420	160	420
		18 A 50	130	130	180	130	240	280	430	130	430
		> 50	90	90	125	90	140	160	240	90	240
ALEACIÓN LIGERA	MARTILLO O PRENSA	HASTA 18	50	--	--	60	--	--	140	60	140
		18 A 50	40	--	--	40	--	--	140	40	140
		> 50	30	--	--	40	--	--	80	40	80
ALEACIÓN LIGERA	A MANO	HASTA 18	80	--	--	--	--	--	220	90	220
		18 A 50	60	70	--	70	--	--	220	70	220
		> 50	40	60	--	60	--	--	130	60	120

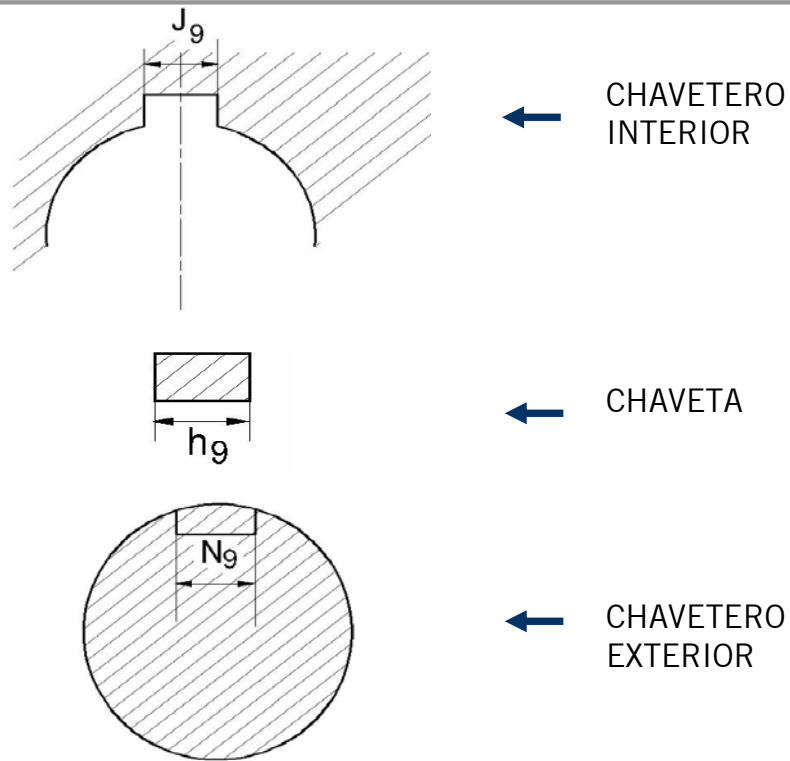
Ejemplos para chavetas de ajuste.

Las chavetas son acoplamiento típicos que se usan para fijar engranajes, poleas, diseños, etc. a los árboles o ejes.

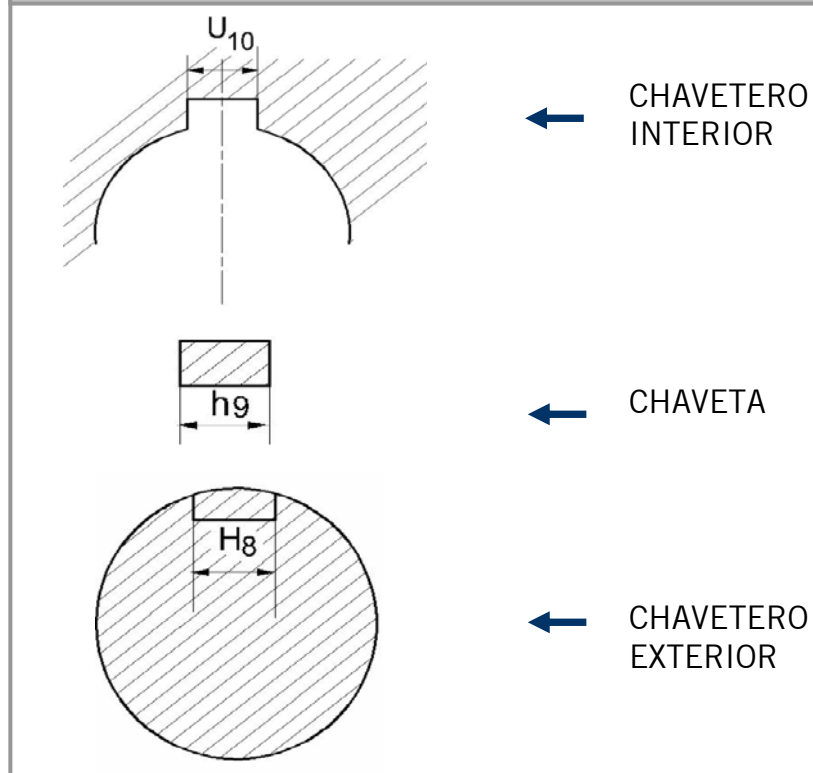
A continuación, damos tolerancias para las chavetas de ajuste.



AJUSTE CON JUEGO



AJUSTE ANTIDESLIZANTE

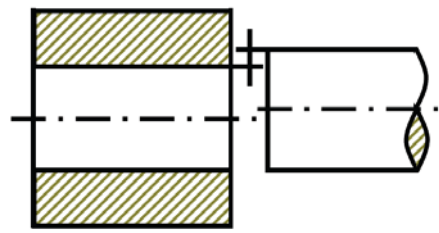
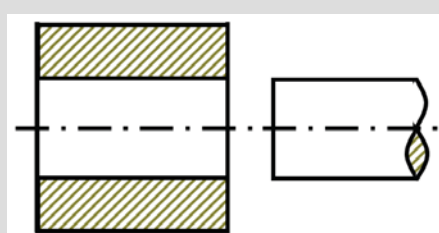
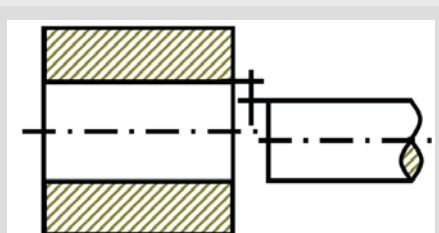


ACTIVIDAD 7. Clases de Ajustes.

Para profundizar los conocimientos acerca de los distintos tipos de ajustes, se propone la siguiente actividad.



Observar los dibujos, ¿qué tipos de ajustes son? Encerrar la opción correcta.

	FIGURA	TIPO DE AJUSTE
A		<input type="checkbox"/> Con juego <input type="checkbox"/> Con apriete <input type="checkbox"/> Incierto
B		<input type="checkbox"/> Con juego <input type="checkbox"/> Con apriete <input type="checkbox"/> Incierto
C		<input type="checkbox"/> Con juego <input type="checkbox"/> Con apriete <input type="checkbox"/> Incierto

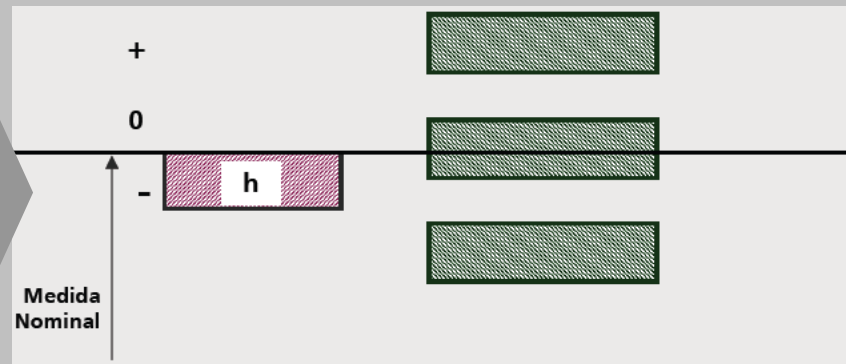
ACTIVIDAD 8. Clases de Ajustes.

Para profundizar los conocimientos acerca de las clases de ajustes, se propone la siguiente actividad.

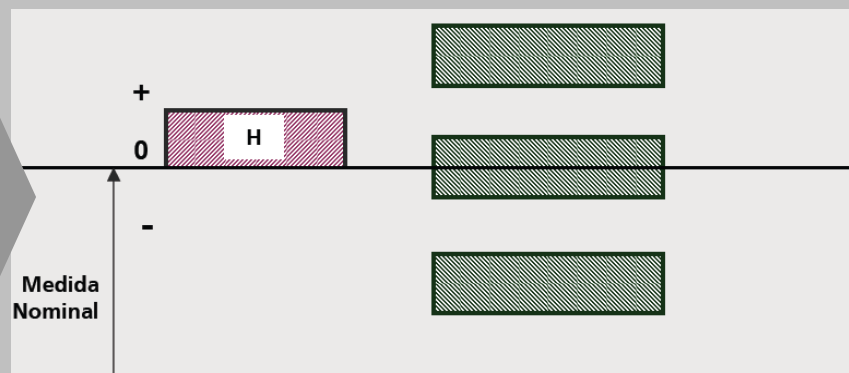


Dados los siguientes dibujos, elegir la ubicación del campo de tolerancia del eje o del agujero en cualquiera de los dos sistemas, según corresponda.

Ajuste con Apriete
en Sistema Eje
Único



Ajuste con Juego
en Sistema Agujero
Único



ACTIVIDAD 9. Clases de Ajustes.

Para profundizar los conocimientos acerca de los Ajustes, se propone la siguiente actividad.



Dadas las siguientes dimensiones en el Sistema Agujero Único, calcular el juego máximo y juego mínimo.

Dimensiones		
Ø 32	H7	+ 0.025
		0.000
	f7	- 0.025
		- 0.050

Cálculo	
JUEGO MÁXIMO	
JUEGO MÍNIMO	

¡Felicitaciones!

Usted ha finalizado el capítulo 3.
Ha finalizado el curso de Tolerancias y Ajustes.



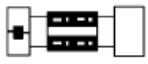
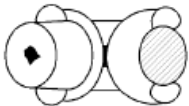
Anexo I

Tablas de Tolerancias – Normas ISO

Tabla 1 – Tolerancias en el Sistema Agujero Único y Eje Único

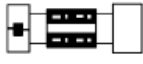
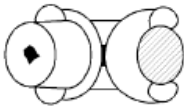
AGUJERO ÚNICO
DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H6  No pasa - pasa	EJES 					
		NO PASA			PASA		
		n 5	m 5	k 5	j 5	h 5	g 5
1 a 3	+ 0,007*	+ 0,011	+ 0,007		+ 0,004	0,000	- 0,003
	0,000	+ 0,006*	+ 0,002*		- 0,001*	- 0,005*	- 0,008*
Más de 3 a 6	+ 0,008*	+ 0,013	+ 0,009		+ 0,004	0,000	0,004
	0,000	+ 0,008*	+ 0,004*		- 0,001*	- 0,005*	- 0,009*
Más de 6 a 10	+ 0,009*	+ 0,016	+ 0,012	+ 0,007	+ 0,004	0,000	- 0,005
	0,000	0,010*	0,006*	+ 0,001*	- 0,002*	- 0,006*	0,011*
Más de 10 a 18	+ 0,011*	+ 0,020	+ 0,015	+ 0,009	+ 0,005	0,000	- 0,006
	0,000	+ 0,012*	+ 0,007*	+ 0,001*	- 0,003*	- 0,008*	- 0,014*
Más de 18 a 30	+ 0,013*	+ 0,024	+ 0,017	+ 0,011	+ 0,005	0,000	- 0,007
	0,000	+ 0,015*	+ 0,008*	+ 0,002*	- 0,004*	- 0,009*	- 0,016*
Más de 30 a 40	+ 0,016*	+ 0,028	+ 0,020	+ 0,013	+ 0,006	0,000	- 0,009
Más de 40 a 50	0,000	+ 0,017*	0,009*	+ 0,002*	- 0,005*	- 0,011*	- 0,020*
Más de 50 a 65	+ 0,019*	+ 0,033	+ 0,024	+ 0,015	+ 0,006	0,000	- 0,010
Más de 65 a 80	+ 0,000	+ 0,020*	+ 0,011*	+ 0,002*	- 0,007*	- 0,013*	- 0,023*
Más de 80 a 100	+ 0,022*	+ 0,038	+ 0,028	+ 0,018	+ 0,006	0,000	- 0,012
Más de 100 a 120	0,000	+ 0,023*	+ 0,013*	+ 0,003*	- 0,009*	- 0,015*	- 0,027*
Más de 120 a 140	+ 0,025*	+ 0,045	+ 0,033	+ 0,021	+ 0,007	0,000	- 0,014
Más de 140 a 160	0,000	+ 0,027*	+ 0,015*	+ 0,003*	- 0,011*	- 0,018*	- 0,032*
Más de 160 a 180							
Más de 180 a 200	+ 0,029*	+ 0,051	+ 0,037	+ 0,024	+ 0,007	0,000	- 0,015
Más de 200 a 225	+ 0,000	+ 0,031*	+ 0,017*	+ 0,004*	- 0,013*	- 0,020*	- 0,035*
Más de 225 a 250							
Más de 250 a 280	+ 0,032*	+ 0,057	+ 0,043	+ 0,027	+ 0,007	0,000	- 0,017
Más de 280 a 315	0,000	+ 0,034*	+ 0,020*	+ 0,004*	- 0,016*	- 0,023*	- 0,040*



AGUJERO ÚNICO DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H7  No pasa - pasa	EJES 					
		NO PASA			PASA		
		j 6	h 6	g 6	f 7	e 8	d 9
1 a 3	+ 0,009*	+ 0,006	+ 0,000	- 0,003	- 0,007	- 0,014	- 0,020
	0,000	- 0,001*	- 0,007*	- 0,010*	- 0,016*	- 0,028*	- 0,045*
Más de 3 a 6	+ 0,012*	+ 0,007	0,000	- 0,004	- 0,010	- 0,020	- 0,030
	0,000	- 0,001*	- 0,008*	- 0,012*	- 0,022*	- 0,038*	- 0,060*
Más de 6 a 10	+ 0,015*	+ 0,007	0,000	- 0,005	- 0,013	- 0,025	0,040
	0,000	- 0,002*	- 0,009*	- 0,014*	- 0,028*	- 0,047*	- 0,076*
Más de 10 a 18	+ 0,018*	+ 0,008	0,000	- 0,006	- 0,016	- 0,032	- 0,050
	0,000	- 0,003*	- 0,011*	- 0,017*	- 0,034*	- 0,059*	- 0,093*
Más de 18 a 30	+ 0,021*	+ 0,009	0,000	- 0,007	- 0,020	- 0,040	- 0,065
	0,000	- 0,004*	- 0,013*	- 0,020*	- 0,041*	- 0,073*	- 0,117*
Más de 30 a 40	+ 0,025*	+ 0,011	0,000	- 0,009	- 0,025	- 0,050	- 0,080
Más de 40 a 50	0,000	- 0,005*	- 0,016*	- 0,025*	- 0,050*	- 0,089*	- 0,142*
Más de 50 a 65	+ 0,030*	+ 0,012	0,000	- 0,010	- 0,030	- 0,060	- 0,100
Más de 65 a 80	0,000	- 0,007*	- 0,019*	- 0,029*	- 0,060*	- 0,106*	- 0,174*
Más de 80 a 100	+ 0,035*	+ 0,013	0,000	- 0,012	- 0,037	- 0,072	- 0,120
Más de 100 a 120	0,000	- 0,009*	- 0,022*	- 0,034*	- 0,071*	- 0,126*	- 0,207*
Más de 120 a 140	+ 0,040*	+ 0,014	0,000	- 0,014	- 0,043	- 0,085	- 0,145
Más de 140 a 160	0,000	- 0,011*	- 0,025*	- 0,039*	- 0,083*	- 0,148*	- 0,245*
Más de 160 a 180							
Más de 180 a 200	+ 0,046*	+ 0,016	0,000	- 0,015	- 0,050	- 0,100	- 0,170
Más de 200 a 225	0,000	- 0,013*	- 0,029*	- 0,044*	- 0,096*	- 0,172*	- 0,285*
Más de 225 a 250							
Más de 250 a 280	+ 0,052*	+ 0,016	0,000	- 0,017	- 0,056	- 0,110	- 0,190
Más de 280 a 315	0,000	- 0,016*	- 0,032*	- 0,049*	- 0,108*	- 0,191*	- 0,320*



AGUJERO ÚNICO DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H7  No pasa - pasa	EJES 				
		NO PASA	PASA			
		s 6	r 6	n 6	m 6	k 6
1 a 3	+ 0,009* 0,000	+ 0,022 + 0,015*	+ 0,019 + 0,012*	+ 0,013 + 0,006*	+ 0,009 - 0,002*	
Más de 3 a 6	+ 0,012* 0,000	+ 0,027 + 0,019*	+ 0,023 + 0,015*	+ 0,016 + 0,008*	+ 0,012 + 0,004*	
Más de 6 a 10	+ 0,015* 0,000	+ 0,032 + 0,023*	+ 0,028 + 0,019*	+ 0,019 + 0,010*	+ 0,015 + 0,006*	+ 0,010 + 0,001*
Más de 10 a 18	+ 0,018* 0,000	+ 0,039 + 0,028*	+ 0,034 + 0,023*	+ 0,023 + 0,012*	+ 0,018 + 0,007*	+ 0,012 + 0,001*
Más de 18 a 30	+ 0,021* 0,000	+ 0,048 + 0,035*	+ 0,041 + 0,028*	+ 0,028 + 0,015*	+ 0,028 + 0,008*	+ 0,015 + 0,002*
Más de 30 a 40	+ 0,025* 0,000	+ 0,059 + 0,043*	+ 0,050 + 0,034*	+ 0,033 + 0,017*	+ 0,025 + 0,009*	+ 0,018 + 0,002*
Más de 40 a 50						
Más de 50 a 65	+ 0,030* 0,000	+ 0,072 + 0,053* + 0,078 + 0,059*	+ 0,060 + 0,041* + 0,062 + 0,043*	+ 0,039 + 0,020*	+ 0,030 + 0,011*	+ 0,021 + 0,002*
Más de 65 a 80						
Más de 80 a 100	+ 0,035* 0,000	+ 0,093 + 0,071* + 0,101 + 0,079*	+ 0,073 + 0,051* + 0,076 + 0,054*	+ 0,045 + 0,023*	+ 0,035 + 0,013*	+ 0,025 + 0,003*
Más de 100 a 120						
Más de 120 a 140	+ 0,040* 0,000	+ 0,117 + 0,092* + 0,125 + 0,100* + 0,133 + 0,108*	+ 0,088 + 0,063* + 0,090 + 0,065* + 0,093 + 0,068*	+ 0,052 + 0,027*	+ 0,040 + 0,015*	+ 0,028 + 0,003*
Más de 140 a 160						
Más de 106 a 180						
Más de 180 a 200	+ 0,046* 0,000	+ 0,151 + 0,122* + 0,159 + 0,130* + 0,169 + 0,140*	+ 0,106 + 0,077* + 0,109 + 0,080* + 0,113 + 0,084*	+ 0,060 + 0,031*	+ 0,046 + 0,017*	+ 0,033 + 0,004*
Más de 200 a 225						
Más de 225 a 250						
Más de 250 a 280	+ 0,052* 0,000	+ 0,190 + 0,158* + 0,202 + 0,170*	+ 0,126 + 0,094* + 0,130 + 0,098*	+ 0,066 + 0,034*	+ 0,052 + 0,020*	+ 0,036 + 0,004*
Más de 280 a 315						



AGUJERO ÚNICO
DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H8  No pasa - pasa	EJES 				
		NO PASA	PASA			
		h 8	h 9	f 8	e 9	d 10
1 a 3	+ 0,014*	0,000	0,000	- 0,007	- 0,014	- 0,020
	0,000	- 0,014*	- 0,025*	- 0,021*	- 0,039*	- 0,060*
Más de 3 a 6	+ 0,018*	0,000	0,000	- 0,010	- 0,020	- 0,030
	0,000	- 0,018*	- 0,030*	- 0,028*	- 0,050*	- 0,078*
Más de 6 a 10	+ 0,022*	0,000	0,000	- 0,013	- 0,025	- 0,040
	0,000	- 0,022*	- 0,036*	- 0,035*	- 0,061*	- 0,098*
Más de 10 a 18	+ 0,027*	0,000	0,000	- 0,016	- 0,032	- 0,050
	0,000	- 0,027*	- 0,043*	- 0,043*	- 0,075*	- 0,120*
Más de 18 a 30	+ 0,033*	0,000	0,000	- 0,020	- 0,040	- 0,065
	0,000	- 0,033*	- 0,052*	- 0,053*	- 0,092*	- 0,149*
Más de 30 a 40	+ 0,039*	0,000	0,000	- 0,025	- 0,050	- 0,080
Más de 40 a 50	0,000	- 0,039*	- 0,062*	- 0,064*	- 0,112*	- 0,180*
Más de 50 a 65	+ 0,046*	0,000	0,000	- 0,030	- 0,060	- 0,100
Más de 65 a 80	0,000	- 0,046*	- 0,074*	- 0,076*	- 0,134*	- 0,220*
Más de 80 a 100	+ 0,054*	0,000	0,000	- 0,036	- 0,072	- 0,120
Más de 100 a 120	0,000	- 0,054*	- 0,087*	- 0,090*	- 0,159*	- 0,260*
Más de 120 a 140	+ 0,063*	0,000	0,000	- 0,043	- 0,085	- 0,145
Más de 140 a 160	0,000	- 0,063*	- 0,100*	- 0,106*	- 0,185*	- 0,305*
Más de 160 a 180						
Más de 180 a 200	+ 0,072*	0,000	0,000	- 0,050	- 0,100	- 0,170
Más de 200 a 225	0,000	- 0,072*	- 0,115*	- 0,122*	- 0,215*	- 0,355*
Más de 225 a 250						
Más de 250 a 280	+ 0,081*	0,000	0,000	- 0,056	- 0,110	- 0,190
Más de 280 a 315	0,000	- 0,081*	- 0,130*	- 0,137*	- 0,240*	- 0,400*

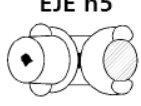

AGUJERO ÚNICO
DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H11  No pasa - pasa	EJES  PASA				
		h 11	d 11	e 11	b 11	a 11
1 a 3	+ 0,060*	0,000	- 0,020	- 0,060	- 0,140	- 0,270
	0,000	- 0,060*	- 0,080*	- 0,120*	- 0,200*	- 0,330
Más de 3 a 6	+ 0,075*	0,000	- 0,030	- 0,070	- 0,140	- 0,270
	0,000	- 0,075*	- 0,105*	- 0,145*	- 0,215*	- 0,345
Más de 6 a 10	+ 0,090*	0,000	- 0,040	- 0,080	- 0,150	- 0,280
	0,000	- 0,090*	- 0,130*	- 0,170*	- 0,240*	- 0,370*
Más de 10 a 18	+ 0,110*	0,000	- 0,050	- 0,095	- 0,150	- 0,290
	0,000	0,110*	0,160*	0,205*	0,260*	0,400*
Más de 18 a 30	+ 0,130*	0,000	- 0,065	- 0,110	- 0,160	- 0,300
	0,000	- 0,130*	- 0,195*	- 0,240*	- 0,290*	- 0,430*
Más de 30 a 40	+ 0,160*	0,000	- 0,080	- 0,120	- 0,170	- 0,310
				- 0,280*	- 0,330*	- 0,470*
Más de 40 a 50	0,000	- 0,160*	- 0,240*	- 0,130	- 0,180	- 0,320
				- 0,290*	- 0,340*	- 0,480*
Más de 50 a 65	+ 0,190*	0,000	- 0,100	- 0,140	- 0,190	- 0,340
				- 0,330*	- 0,380*	- 0,530*
Más de 65 a 80	0,000	- 0,190*	- 0,290*	- 0,150	- 0,200	- 0,360
				- 0,390*	- 0,390*	- 0,550*
Más de 80 a 100	+ 0,220*	0,000	- 0,120	- 0,170	- 0,220	- 0,380
				- 0,390*	- 0,440*	- 0,600*
Más de 100 a 120	0,000	- 0,220*	- 0,340*	- 0,180	- 0,240	- 0,410
				- 0,400*	- 0,460*	- 0,630*
Más de 120 a 140	+ 0,250*	0,000	- 0,145	- 0,200	- 0,260	- 0,460
				- 0,450*	- 0,510*	- 0,710*
Más de 140 a 160				- 0,210	- 0,280	- 0,520
				- 0,460*	- 0,530*	- 0,770*
Más de 106 a 180	- 0,480*	- 0,250*	- 0,395*	- 0,230	- 0,310	- 0,580
				- 0,480*	- 0,560*	- 0,830*
Más de 180 a 200	+ 0,290*	0,000	- 0,170	- 0,240	- 0,340	- 0,660
				- 0,530*	- 0,630*	- 0,950*
Más de 200 a 225				- 0,260	- 0,380	- 0,740
				- 0,550*	- 0,670*	- 1,030*
Más de 225 a 250	- 0,570*	- 0,290*	- 0,460*	- 0,280	- 0,420	- 0,820
				- 0,570*	- 0,710*	- 1,110*
Más de 250 a 280	+ 0,320*	0,000	- 0,190	- 0,300	- 0,480	- 0,920
				- 0,620*	- 0,800*	- 1,240*
Más de 280 a 315	0,000	- 0,320*	- 0,510*	- 0,330	- 0,540	- 1,050
				- 0,650*	- 0,860*	- 1,370*

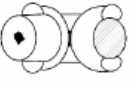

EJE ÚNICO DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	EJE h5  No pasa - pasa	AGUJEROS PASA  NO PASA					
		N 6	M 6	K 6	J 6	H 6	G 6
1 a 3	0,000	- 0,004*	0,000*		+ 0,003*	+ 0,007*	+ 0,010*
	- 0,005*	- 0,011	- 0,007		- 0,004	0,000	+ 0,003
Más de 3 a 6	0,000	- 0,005*	- 0,001*		+ 0,004*	+ 0,008*	+ 0,012*
	- 0,005*	- 0,013	- 0,009		- 0,004	0,000	+ 0,004
Más de 6 a 10	0,000	- 0,007*	- 0,003*	+ 0,022*	+ 0,005*	+ 0,009*	+ 0,014*
	0,006*	- 0,016	- 0,012	- 0,007	- 0,004	0,000	+ 0,005
Más de 10 a 18	0,000	- 0,009*	- 0,004*	+ 0,002*	+ 0,006*	+ 0,011*	+ 0,017*
	- 0,008*	- 0,020	- 0,015	- 0,009	- 0,005	0,000	+ 0,006
Más de 18 a 30	0,000	- 0,011*	- 0,004*	+ 0,002*	+ 0,008*	+ 0,013*	+ 0,020*
	- 0,009*	- 0,024	- 0,017	- 0,011	- 0,005	0,000	+ 0,007
Más de 30 a 40	0,000	- 0,012*	- 0,004*	+ 0,003*	+ 0,010*	+ 0,016*	+ 0,025*
Más de 40 a 50	- 0,011*	- 0,028	- 0,020	- 0,013	- 0,006	0,000	+ 0,009
Más de 50 a 65	0,000	- 0,014*	- 0,005*	+ 0,004*	+ 0,013*	+ 0,019*	+ 0,029*
Más de 65 a 80	- 0,013*	- 0,033	- 0,024	- 0,015	- 0,006	0,000	+ 0,010
Más de 80 a 100	0,000	- 0,016*	- 0,006*	+ 0,004*	+ 0,016*	+ 0,022*	+ 0,034*
Más de 100 a 120	- 0,015*	- 0,038	- 0,028	- 0,018	- 0,006	0,000	+ 0,012
Más de 120 a 140	0,000	- 0,020*	- 0,008*	+ 0,004*	+ 0,018*	+ 0,025*	+ 0,039*
Más de 140 a 160							
Más de 160 a 180	- 0,018*	- 0,045	- 0,033	- 0,021	- 0,007	0,000	+ 0,014
Más de 180 a 200	0,000	- 0,022*	- 0,008*	- 0,005*	+ 0,022*	+ 0,029*	+ 0,041*
Más de 200 a 225							
Más de 225 a 250	- 0,020*	- 0,051	- 0,037	- 0,024	- 0,007	0,000	+ 0,015
Más de 250 a 280	0,000	- 0,025*	- 0,009*	+ 0,005*	+ 0,025*	+ 0,032*	+ 0,049*
Más de 280 a 315	- 0,023*	- 0,057	- 0,041	- 0,027	- 0,007	0,000	+ 0,017


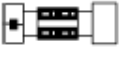
EJE ÚNICO
DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	EJE h6  No pasa - pasa	AGUJEROS 					
		NO PASA	PASA				
		S 7	R 7	N 7	M 7	K 7	J 7
1 a 3	0,000	- 0,013*	- 0,010*	- 0,004*	0,000*		+ 0,003*
	- 0,007*	- 0,022	- 0,019	- 0,013	- 0,009		- 0,006
Más de 3 a 6	0,000	- 0,015*	- 0,011*	- 0,004*	0,000*		+ 0,005*
	- 0,008*	- 0,027	- 0,023	- 0,016	- 0,012		- 0,007
Más de 6 a 10	0,000	- 0,017*	- 0,013*	- 0,004*	0,000*	+ 0,005*	+ 0,008*
	- 0,009	- 0,032	- 0,028	- 0,019	- 0,015	- 0,010	- 0,007
Más de 10 a 18	0,000	- 0,021*	- 0,016*	- 0,005*	0,000*	+ 0,006*	+ 0,010*
	- 0,011*	- 0,039	- 0,034	- 0,023	- 0,018	- 0,012	- 0,008
Más de 18 a 30	0,000	- 0,027*	- 0,020*	- 0,007*	0,000*	+ 0,006*	+ 0,012*
	- 0,013*	- 0,048	- 0,041	- 0,028	- 0,021	- 0,015	- 0,009
Más de 30 a 40	0,000	- 0,034*	- 0,025*	- 0,008*	- 0,000*	+ 0,007*	+ 0,014*
Más de 40 a 50	- 0,016*	- 0,059	- 0,050	- 0,033	- 0,025	- 0,018	- 0,011
Más de 50 a 65	0,000	- 0,042*	- 0,030*	- 0,009*	- 0,000*	+ 0,009*	+ 0,018*
		- 0,072	- 0,060				
Más de 65 a 80		- 0,048*	- 0,032*				
	- 0,019*	- 0,078	- 0,062	- 0,039	- 0,030	- 0,021	- 0,012
Más de 80 a 100	0,000	- 0,058*	- 0,038*	- 0,010*	- 0,000*	+ 0,010*	+ 0,022*
		- 0,093	- 0,073				
Más de 100 a 120		- 0,066*	- 0,041*				
	- 0,022*	- 0,101	- 0,076	- 0,045	- 0,035	- 0,025	- 0,013
Más de 120 a 140	0,000	- 0,077*	- 0,048*	- 0,012*	0,000*	+ 0,012*	+ 0,026*
		- 0,117	- 0,088				
Más de 140 a 160		- 0,085*	- 0,050*				
		- 0,125	- 0,090				
Más de 106 a 180		- 0,093*	- 0,053*	- 0,052	- 0,040	- 0,028	- 0,014
	- 0,025*	- 0,133	- 0,093				
Más de 180 a 200	0,000	- 0,105*	- 0,060*	- 0,014*	0,000*	+ 0,013*	+ 0,030*
		- 0,151	- 0,106				
Más de 200 a 225		- 0,113*	- 0,063*				
		- 0,159	- 0,109				
Más de 225 a 250		- 0,123*	- 0,067*	- 0,060	- 0,046	- 0,033	- 0,016
	- 0,029*	- 0,169	- 0,113				
Más de 250 a 280	0,000	- 0,138*	- 0,074*	- 0,014*	- 0,000*	+ 0,016*	+ 0,036*
		- 0,190	- 0,126				
Más de 280 a 315		- 0,150*	- 0,078*	- 0,066	- 0,052	- 0,036	- 0,016
	- 0,032*	- 0,202	- 0,030				

EJE ÚNICO
DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	EJES  No pasa - pasa		AGUJEROS NO PASA  PASA			
	h 8	h 9	H 8	F 8	E 9	D 10
1 a 3	0,000	0,000	+ 0,014*	+ 0,021*	+ 0,039*	+ 0,060*
	- 0,014*	- 0,025*	0,000	+ 0,007	+ 0,014	+ 0,020
Más de 3 a 6	0,000	0,000	+ 0,018*	+ 0,028*	+ 0,050*	+ 0,078*
	- 0,018*	- 0,030*	0,000	+ 0,010	+ 0,020	+ 0,030
Más de 6 a 10	0,000	0,000	+ 0,022*	+ 0,035*	+ 0,061*	+ 0,098*
	- 0,022*	- 0,036*	0,000	+ 0,013	+ 0,025	+ 0,040
Más de 10 a 18	0,000	0,000	+ 0,027*	+ 0,043*	+ 0,075*	+ 0,120*
	- 0,027*	- 0,043*	0,000	+ 0,016	+ 0,032	+ 0,050
Más de 18 a 30	0,000	0,000	+ 0,033*	+ 0,053*	+ 0,092*	+ 0,149*
	- 0,033*	- 0,052*	0,000	+ 0,020	+ 0,040	+ 0,065
Más de 30 a 40	0,000	0,000	+ 0,039*	+ 0,064*	+ 0,112*	+ 0,180*
Más de 40 a 50	- 0,039*	- 0,062*	0,000	+ 0,025	+ 0,050	+ 0,080
Más de 50 a 65	0,000	0,000	+ 0,046*	+ 0,076*	+ 0,134*	+ 0,220*
Más de 65 a 80	- 0,046*	- 0,074*	+ 0,000	+ 0,030	+ 0,060	+ 0,100
Más de 80 a 100	0,000	0,000	+ 0,054*	+ 0,090*	+ 0,159*	+ 0,260*
Más de 100 a 120	- 0,054*	- 0,087*	0,000	+ 0,036	+ 0,072	+ 0,120
Más de 120 a 140	0,000	- 0,000	+ 0,063	+ 0,106*	+ 0,185*	+ 0,305*
Más de 140 a 160	- 0,063*	- 0,100*	0,000	+ 0,043	+ 0,085	+ 0,145
Más de 160 a 180						
Más de 180 a 200	0,000	0,000	+ 0,072*	+ 0,122*	+ 0,215*	+ 0,355*
Más de 200 a 225	- 0,072*	- 0,115*	0,000	+ 0,050	+ 0,100	+ 0,170
Más de 225 a 250						
Más de 250 a 280	0,000	0,000	+ 0,081*	+ 0,137*	+ 0,240*	+ 0,400*
Más de 280 a 31	- 0,081*	- 0,130*	+ 0,000	+ 0,056	+ 0,110	+ 0,190

EJE ÚNICO
DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

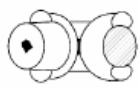
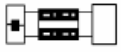
DIÁMETROS NOMINALES mm	 EJE h11 No pasa - pasa	 AGUJEROS NO PASA PASA				
		H 11	D 11	C 11	B 11	A 11
1 a 3	0,000	+ 0,060*	+ 0,080*	+ 0,120*	+ 0,200*	+ 0,300*
	-0,060*	0,000	+ 0,020	+ 0,060	+ 0,140	+ 0,270
Más de 3 a 6	0,000	+ 0,075*	+ 0,105*	+ 0,145*	+ 0,215*	+ 0,345*
	-0,075*	0,000	+ 0,030	+ 0,070	+ 0,140	+ 0,270
Más de 6 a 10	0,000	+ 0,090*	+ 0,130*	+ 0,170*	+ 0,240*	+ 0,370*
	-0,090*	0,000	+ 0,040	+ 0,080	+ 0,150	+ 0,280
Más de 10 a 18	0,000	+ 0,110*	+ 0,160*	+ 0,205*	+ 0,260*	+ 0,400*
	-0,110*	0,000	+ 0,050	+ 0,095	+ 0,150	+ 0,290
Más de 18 a 30	0,000	+ 0,130*	+ 0,195*	+ 0,240*	+ 0,290*	+ 0,430*
	-0,130*	0,000	+ 0,065	+ 0,110	+ 0,160	+ 0,300
Más de 30 a 40	0,000	+ 0,160*	+ 0,240*	+ 0,280*	+ 0,330*	+ 0,470*
	Más de 40 a 50	-0,160*	0,000	+ 0,080	+ 0,120	+ 0,170
+ 0,290*					+ 0,340*	+ 0,480*
Más de 50 a 65	0,000	+ 0,190*	+ 0,290*	+ 0,330*	+ 0,380*	+ 0,530*
				+ 0,140	+ 0,190	+ 0,340
Más de 65 a 80	-0,190*	0,000	+ 0,100	+ 0,340*	+ 0,390*	+ 0,550*
				+ 0,150	+ 0,200	+ 0,360
Más de 80 a 100	0,000	+ 0,220*	+ 0,340*	+ 0,390*	+ 0,440*	+ 0,600*
				+ 0,170	+ 0,220	+ 0,380
Más de 100 a 120	-0,220*	0,000	0,120	+ 0,400*	+ 0,460*	+ 0,630*
				0,180	0,240	0,410
Más de 120 a 140	0,000	+ 0,250*	+ 0,395*	+ 0,450*	+ 0,510*	+ 0,710*
				+ 0,200	+ 0,260	+ 0,460
Más de 140 a 160	-0,250*	0,000	+ 0,145	+ 0,460*	+ 0,530*	+ 0,770*
				+ 0,210	+ 0,280	+ 0,520
Más de 106 a 180	-0,250*	0,000	+ 0,145	+ 0,480*	+ 0,560*	+ 0,830*
				+ 0,230	+ 0,310	+ 0,580
Más de 180 a 200	0,000	+ 0,290*	+ 0,460*	+ 0,530*	+ 0,630*	+ 0,950*
				+ 0,240	+ 0,340	+ 0,660
Más de 200 a 225	-0,290*	0,000	+ 0,170	+ 0,550*	+ 0,670*	+ 1,030*
				+ 0,260	+ 0,380	+ 0,740
Más de 225 a 250	-0,290*	0,000	+ 0,170	+ 0,570*	+ 0,710*	+ 1,110*
				+ 0,280	+ 0,420	+ 0,820
Más de 250 a 280	0,000	+ 0,320*	+ 0,510*	+ 0,620*	+ 0,800*	+ 1,240*
				+ 0,300	+ 0,480	+ 0,920
Más de 280 a 315	-0,320*	0,000	+ 0,190	+ 0,650*	+ 0,860*	+ 1,370*
				+ 0,330	+ 0,540	+ 1,050

Tabla 2 – Tolerancias para rodamientos radiales de bolas y de rodillos para ejes

PARA EJES								
DIÁMETROS NOMINALES d	j5		k5		m5		n5	
	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
3 a 6	+ 0,001	- 0,001	—	—	—	—	—	—
6 a 10	+ 0,004	- 0,002	—	—	—	—	—	—
10 a 18	+ 0,005	- 0,003	—	—	—	—	—	—
18 a 30	—	—	+ 0,011	+ 0,002	—	—	—	—
30 a 50	—	—	+ 0,013	+ 0,002	+ 0,020	+ 0,008	—	—
50 a 80	—	—	+ 0,015	+ 0,002	+ 0,024	+ 0,011	+ 0,033	+ 0,020
80 a 120	—	—	+ 0,018	+ 0,003	+ 0,028	+ 0,013	+ 0,038	+ 0,023
120 a 180	—	—	+ 0,021	+ 0,003	+ 0,033	+ 0,015	+ 0,045	+ 0,027
180 a 250	—	—	—	—	+ 0,037	+ 0,017	+ 0,051	+ 0,031
250 a 315	—	—	—	—	+0.043	+0.020	+0.057	+0.034
315 a 400	—	—	—	—	+0.046	+0.021	+0.062	+0.037
I.S.A.	Pequeñas cargas				Cargas normales		Cargas muy fuertes	
	El rodamiento puede montarse sobre el eje sin calentarlo previamente				El rodamiento se calienta en aceite a 70° C antes de montarlo		El rodamiento se calienta en aceite a 70° C antes de montarlo	

Tabla 3 – Tolerancias para rodamientos radiales de bolas y de rodillos para alojamientos

PARA ALOJAMIENTOS (CAJAS)						
DIÁMETROS NOMINALES D	H 8		H 7		J 6	
	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
10 a 18	—	—	0	+ 0,018	- 0,003	+ 0,003
18 a 30	—	—	0	+ 0,021	- 0,005	+ 0,008
30 a 50	0	+ 0,039	0	+ 0,025	- 0,006	+ 0,010
50 a 80	0	+ 0,045	0	+ 0,030	- 0,006	+ 0,013
80 a 120	0	+ 0,054	0	+ 0,033	- 0,006	+ 0,016
120 a 180	0	+ 0,063	0	+ 0,040	- 0,007	+ 0,018
180 a 250	0	+ 0,072	0	+ 0,046	—	—
250 a 315	0	+ 0,081	0	+ 0,052	—	—
315 a 400	0	+0.089	0	+0.057	—	—
400 a 500	0	+0.097	0	+0.063	—	—
I.S.A.	Para transmisiones y otros casos en que los ejes giran a velocidades pequeñas		En las aplicaciones más corrientes		Cuando el eje gira a velocidades grandes o si se exige una gran precisión (equilibrar perfectamente)	

Tablas de Ajustes – Normas ANSI

Tabla 34A-1* Ajustes deslizantes y de rotación libre. Norma Nacional Americana

Variación del tamaño nominal (pulgadas) ↑ De a	CLASE RC 1			CLASE RC 2			CLASE RC 3			CLASE RC 4		
	Limite del hueigo	Limite estándar		Limite del hueigo	Limite estándar			Limite estándar		Limite del hueigo	Limite estándar	
		Agujero H5	Flecha g4		Agujero H6	Flecha g5		Agujero H7	Flecha f6		Agujero H8	Flecha f7
0 - .12	.1	+ .2	- .1	.1	+ .25	- .1	.3	+ .4	- .3	.3	+ .6	- .3
	.45	0	.25	.55	0	- .3	.95	0	.55	1.3	0	- .7
.12 - .24	.15	+ .2	- .15	.15	+ .3	- .15	.4	+ .5	- .4	.4	+ .7	- .4
	.5	0	- .3	.65	0	- .35	1.12	0	- .7	1.6	0	- .9
.24 - .40	.2	.25	- .2	.2	+ .4	- .2	.5	+ .6	- .5	.5	+ .9	- .5
	.6	0	- .35	.85	0	- .45	1.5	0	- .9	2.0	0	- 1.1
.40 - .71	.25	+ .3	- .25	.25	+ .4	- .25	.6	+ .7	- .6	.6	+ 1.0	- .6
	.75	0	- .45	.95	0	- .55	1.7	0	- 1.0	2.3	0	- 1.3
.71 - 1.19	.3	+ .4	- .3	.3	+ .5	- .3	.8	+ .8	- .8	.8	+ 1.2	- .8
	.95	0	- .55	1.2	0	- .7	2.1	0	- 1.3	2.8	0	- 1.6
1.19 - 1.97	.4	+ .4	- .4	.4	+ .6	- .4	1.0	+ 1.0	- 1.0	1.0	+ 1.6	- 1.0
	1.1	0	- .7	1.4	0	- .8	2.6	0	- 1.6	3.6	0	- 2.0
1.97 a 3.15	.4	+ .5	- .4	.4	+ .7	- .4	1.2	+ 1.2	- 1.2	1.2	+ 1.8	- 1.2
	1.2	0	- .7	1.6	0	- .9	3.1	0	- 1.9	4.2	0	- 2.4
3.15 - 4.73	.5	+ .6	- .5	.5	+ .9	- .5	1.4	+ 1.4	- 1.4	1.4	+ 2.2	- 1.4
	1.5	0	- .9	2.0	0	- 1.1	3.7	0	- 2.3	5.0	0	- 2.8
4.73 - 7.09	.6	+ .7	- .6	.6	+ 1.0	- .6	1.6	+ 1.6	- 1.6	1.6	+ 2.5	- 1.6
	1.8	0	- 1.1	2.3	0	- 1.3	4.2	0	- 2.6	5.7	0	- 3.2

- Las Tablas de la 34A-1 a la 34E son extractadas de la ANSI B4 1-1967

↑ Para diámetros mayores que los enlistados en las Tablas 34A-1 a la 34E , véase el Estándar.

Los límites son en milésimas de pulgada. Los límites para agujero y flecha se aplican algebraicamente al tamaño básico para obtener los límites de tamaño de las partes. Los símbolos H5, g5, etc., son designaciones de agujero y flechas empleadas en el sistema ABC.

Tabla 34A-2 Ajustes deslizantes y de rotación libre. Norma Nacional Americana

Variación del tamaño nominal (pulgadas)	CLASE RC 5			CLASE RC 6			CLASE RC 7			CLASE RC 8			CLASE RC 9		
	Límite del hueigo	Límite estándar		Límite del hueigo	Límite estándar		Límite del hueigo	Límite estándar		Límite del hueigo	Límite estándar		Límite del hueigo	Límite estándar	
		Agujero H8	Flecha e7		Agujero H9	Flecha e8		Agujero H9	Flecha d8		Agujero H10	Flecha c9		Agujero H11	Flecha
De a															
0 - .12	.6	+ .6	- .6	.6	+ 1.0	- .6	1.0	+ 1.0	- 1.0	2.5	+ 1.6	- 2.5	4.0	+ 2.5	- 4.0
	1.6	- 0	- 1.0	2.2	- 0	- 1.2	2.6	0	- 1.6	5.1	0	- 3.5	8.1	0	- 5.6
.12 - .24	.8	+ .7	- .8	.8	+ 1.2	- .8	1.2	+ 1.2	- 1.2	2.8	+ 1.8	- 2.8	4.5	+ 3.0	- 4.5
	2.0	- 0	- 1.3	2.7	- 0	- 1.5	3.1	0	- 1.9	5.8	0	- 4.0	9.0	0	- 6.0
.24 - .40	1.0	+ .9	- 1.0	1.0	+ 1.4	- 1.0	1.6	+ 1.4	- 1.6	3.0	+ 2.2	- 3.0	5.0	+ 3.5	- 5.0
	2.5	- 0	- 1.6	3.3	- 0	- 1.9	3.9	0	- 2.5	6.6	0	- 4.4	10.7	0	- 7.2
.40 - .71	1.2	+ 1.0	- 1.2	1.2	+ 1.6	- 1.2	2.0	+ 1.6	- 2.0	3.5	+ 2.8	- 3.5	6.0	+ 4.0	- 6.0
	2.9	- 0	- 1.9	3.8	- 0	- 2.2	4.6	0	- 3.0	7.9	0	- 5.1	12.8	0	- 8.8
.71 - 1.19	1.6	+ 1.2	- 1.6	1.6	+ 2.0	- 1.6	2.5	+ 2.0	- 2.5	4.5	+ 3.5	- 4.5	7.0	+ 5.0	- 7.0
	3.6	- 0	- 2.4	4.8	- 0	- 2.8	5.7	0	- 3.7	10.0	0	- 6.5	15.5	0	- 10.5
1.19 - 1.97	2.0	+ 1.6	- 2.0	2.0	+ 2.5	- 2.0	3.0	+ 2.5	- 3.0	5.0	+ 4.0	- 5.0	8.0	+ 6.0	- 8.0
	4.6	- 0	- 3.0	6.1	- 0	- 3.5	7.1	0	- 4.6	11.5	0	- 7.5	18.0	0	- 12.0
1.97 a 3.15	2.5	+ 1.8	- 2.5	2.5	+ 3.0	- 2.5	4.0	+ 3.0	- 4.0	6.0	+ 4.5	- 6.0	9.0	- 7.0	- 9.0
	5.5	- 0	- 3.7	7.3	- 0	- 4.3	8.8	0	- 5.8	13.5	0	- 9.0	20.5	0	- 13.5
3.15 - 4.73	3.0	+ 2.2	- 3.0	3.0	+ 3.5	- 3.0	5.0	+ 3.5	- 5.0	7.0	+ 5.0	- 7.0	10.0	+ 9.0	- 10.0
	6.6	- 0	- 4.4	8.7	- 0	- 5.2	10.7	0	- 7.2	15.5	0	- 10.5	24.0	0	- 15.0
4.73 - 7.09	3.5	+ 2.5	- 3.5	3.5	+ 4.0	- 3.5	6.0	+ 4.0	- 6.0	8.0	+ 6.0	- 8.0	12.0	+ 10.0	- 12.0
	7.6	- 0	- 5.1	10.0	- 0	- 6.0	12.5	0	- 8.5	18.0	0	- 12.0	28.0	0	- 18.0

Los límites son en milésimas de pulgada. Los límites para agujero y flecha se aplican algebraicamente al tamaño básico para obtener los límites de tamaño de las partes. Los símbolos H8, e7, etc., son designaciones de agujero y flechas empleadas en el sistema ABC.

Tabla 34B-1 Ajustes de localización con huelgo. Norma Nacional Americana

Variación del tamaño nominal (pulgadas)	CLASE LC 1			CLASE LC 2			CLASE LC 3			CLASE LC 4			CLASE LC 5		
	Límite del huelgo	Límite estándar		Límite del huelgo	Límite estándar		Límite del huelgo	Límite estándar		Límite del huelgo	Límite estándar		Límite del huelgo	Límite estándar	
		Agujero H6	Flecha h5		Agujero H7	Flecha h6		Agujero H8	Flecha h7		Agujero H10	Flecha h9		Agujero H7	Flecha g6
De a															
0 - .12	0 .45	+ .25 - 0	+ 0 - .2	0 .65	+ .4 - 0	+ 0 - .25	0 1	+ .6 - 0	+ 0 - .4	0 2.6	+ 1.6 - 0	+ 0 - 1.0	.1 .75	+ .4 - 0	- 1 - .35
.12 - .24	0 .5	+ .3 - 0	+ 0 - .2	0 .8	+ .5 - 0	+ 0 - .3	0 1.2	+ .7 - 0	+ 0 - .5	0 3.0	+ 1.8 - 0	+ 0 - 1.2	.15 .95	+ .5 - 0	- .15 - .45
.24 - .40	0 .65	+ .4 - 0	+ 0 - .25	0 1.0	+ .6 - 0	+ 0 - .4	0 1.5	+ .9 - 0	+ 0 - .6	0 3.6	+ 2.2 - 0	+ 0 - 1.4	.2 1.2	+ .6 - 0	- .2 - .6
.40 - .71	0 .7	+ .4 - 0	+ 0 - .3	0 1.1	+ .7 - 0	+ 0 - .4	0 1.7	+ 1.0 - 0	+ 0 - .7	0 4.4	+ 2.8 - 0	+ 0 - 1.6	.25 1.35	+ .7 - 0	- .25 - .65
.71 - 1.19	0 .9	+ .5 - 0	+ 0 - .4	0 1.3	+ .8 - 0	+ 0 - .5	0 2	+ 1.2 - 0	+ 0 - .8	0 5.5	+ 3.5 - 0	+ 0 - 2.0	.3 1.6	+ .8 - 0	- .3 - .8
1.19 - 1.97	0 1.0	+ .6 - 0	+ 0 - .4	0 1.6	+ 1.0 - 0	+ 0 - .6	0 2.6	+ 1.6 - 0	+ 0 - 1	0 6.5	+ 4.0 - 0	+ 0 - 2.5	.4 2.0	+ 1.0 - 0	- .4 - 1.0
1.97 a 3.15	0 1.2	+ .7 - 0	+ 0 - .5	0 1.9	+ 1.2 - 0	+ 0 - .7	0 3	+ 1.8 - 0	+ 0 - 1.2	0 7.5	+ 4.5 - 0	+ 0 - 3	.4 2.3	+ 1.2 - 0	- .4 - 1.1
3.15 - 4.73	0 1.5	+ .9 - 0	+ 0 - .6	0 2.3	+ 1.4 - 0	+ 0 - .9	0 3.6	+ 2.2 - 0	+ 0 - 1.4	0 8.5	+ 5.0 - 0	+ 0 - 3.5	.5 2.8	+ 1.4 - 0	- .5 - 1.4
4.73 - 7.09	0 1.7	+ 1.0 - 0	+ 0 - .7	0 2.6	+ 1.6 - 0	+ 0 - 1.0	0 4.1	+ 2.5 - 0	+ 0 - 1.6	0 10	+ 6.0 - 0	+ 0 - 4	.6 3.2	+ 1.6 - 0	- .6 - 1.6

Los límites son en milésimas de pulgada. Los límites para agujero y flecha se aplican algebraicamente al tamaño básico para obtener los límites de tamaño de las partes. Los símbolos H6, h5, etc., son designaciones de agujero y flechas empleadas en el sistema ABC.

Tabla 34B-2 Ajustes de localización con huelgo. Norma Nacional Americana

Variación del tamaño nominal (pulgadas)	CLASE LC 6			CLASE LC 7			CLASE LC 8			CLASE LC 9			CLASE LC 10			CLASE LC 11		
	Limite del huelgo	Limite estándar		Limite del huelgo	Limite estándar		Limite del huelgo	Limite estándar		Limite del huelgo	Limite estándar		Limite del huelgo	Limite estándar		Limite del huelgo	Limite estándar	
		Agujero H9	Flecha f8		Agujero H10	Flecha e9		Agujero H10	Flecha d9		Agujero H11	Flecha c10		Agujero H12	Flecha		Agujero H13	Flecha
De a																		
0 - .12	.3	+1.0	-.3	.6	+1.6	-.6	1.0	+1.6	-1.0	2.5	+2.5	-2.5	4	+4	-4	5	+6	-5
	1.9	0	-.9	3.2	0	-1.6	3.6	-0	-2.0	6.6	-0	-4.1	12	-0	-8	17	-0	-11
.12 - .24	.4	+1.2	-.4	.8	+1.8	-.8	1.2	+1.8	-1.2	2.8	+3.0	-2.8	4.5	+5	-4.5	6	+7	-6
	2.3	0	-1.1	3.8	0	-2.0	4.2	-0	-2.4	7.6	-0	-4.6	14.5	-0	-0	20	-0	-13
.24 - .40	.5	+1.4	-.5	1.0	+2.2	-1.0	1.6	+2.2	-1.6	3.0	+3.5	-3.0	5	+6	-5	7	+9	-7
	2.8	0	-1.4	4.6	0	-2.4	5.2	-0	-3.0	8.7	-0	-5.2	17	-0	-11	25	-0	-16
.40 - .71	.6	+1.6	-.6	1.2	+2.8	-1.2	2.0	+2.8	-2.0	3.5	+4.0	-3.5	6	+7	-6	8	+10	-8
	3.2	0	-1.6	5.6	0	-2.8	6.4	-0	-3.6	10.3	-0	-6.3	20	-0	-13	28	-0	-18
.71 - 1.19	.8	+2.0	-.8	1.6	+3.5	-1.6	2.5	+3.5	-2.5	4.5	+5.0	-4.5	7	+8	-7	10	+12	-10
	4.0	0	-2.0	7.1	0	-3.6	8.0	-0	-4.5	13.0	-0	-8.0	23	-0	-15	34	-0	-22
1.19 - 1.97	1.0	+2.5	-1.0	2.0	+4.0	-2.0	3.0	+4.0	-3.0	5	+6	-5	8	+10	-8	12	+16	-12
	5.1	0	-2.6	8.5	0	-4.5	9.5	-0	-5.5	15	-0	-9	28	-0	-18	44	-0	-28
1.97 - 3.15	1.2	+3.0	-1.2	2.5	+4.5	-2.5	4.0	+4.5	-4.0	6	+7	-6	10	+12	-10	14	+18	-14
	6.0	0	-3.0	10.0	0	-5.5	11.5	-0	-7.0	17.5	-0	-10.5	34	-0	-22	50	-0	-32
3.15 - 4.73	1.4	+3.5	-1.4	3.0	+5.0	-3.0	5.0	+5.0	-5.0	7	+9	-7	11	+14	-11	16	+22	-16
	7.1	0	-3.6	11.5	0	-6.5	13.5	-0	-8.5	21	-0	-12	39	-0	-25	60	-0	-38
4.73 - 7.09	1.6	+4.0	-1.6	3.5	+6.0	-3.5	6	+6	-6	8	+10	-8	12	+16	-12	18	+25	-18
	8.1	0	-4.1	13.5	0	-7.5	16	-0	-10	24	-0	-14	44	-0	-28	68	-0	-43

Los límites son en milésimas de pulgada. Los límites para agujero y flecha se aplican algebraicamente al tamaño básico para obtener los límites de tamaño de las partes. Los símbolos H9, f8, etc., son designaciones de agujero y flechas empleadas en el sistema ABC.

Tabla 34C Ajustes localizadores de transición. Norma Nacional Americana

Variación del tamaño nominal (pulgadas)	CLASE LT 1			CLASE LT 2			CLASE LT 3			CLASE LT 4			CLASE LT 5			CLASE LT 6		
	Ajuste	Límite estándar		Ajuste	Límite estándar		Ajuste	Límite estándar		Ajuste	Límite estándar		Ajuste	Límite estándar		Ajuste	Límite estándar	
		Agujero H7	Flecha fs6		Agujero H8	Flecha Fs7		Agujero H7	Flecha k6		Agujero H8	Flecha k7		Agujero H7	Flecha n6		Agujero H7	Flecha n7
De a																		
0 - .12	-.10 +.50	+.4 -0	+1.0 -1.0	-.2 +.8	+.6 -0	+.2 -.2							-.5 +.15	+.4 -0	+.5 +.25	-.65 +.15	+.4 -0	+.65 +.25
.12 - .24	-.15 +.65	+.5 -0	+1.5 -1.5	-.25 +.95	+.7 -0	+.25 -.25							-.6 +.2	+.5 -0	+.6 +.3	-.8 +.2	+.5 -0	+.8 +.3
.24 - .40	-.2 +.8	+.6 -0	+.2 -2	-.3 +1.2	+.9 -0	+.3 -3	-.5 +.5	+.6 -0	+.5 +.1	-.7 +.8	+.9 -0	+.7 +.1	-.8 +.2	+.6 -0	+.8 +.4	-1.0 +.2	+.6 -0	+1.0 +.4
.40 - .71	-.2 +.9	+.7 -0	+.2 -2	-.35 +1.35	+1.0 -0	+.35 -.35	-.5 +.6	+.7 -0	+.5 +.1	-.8 +.9	+1.0 -0	+.8 +.1	-.9 +.2	+.7 -0	+.9 +.5	-1.2 +.2	+.7 -0	+1.2 +.5
.71 - 1.19	-.25 +1.05	+.8 -0	+.25 -25	-.4 +1.6	+1.2 -0	+.4 -.4	-.6 +.7	+.8 -0	+.6 +.1	-.9 +1.1	+1.2 -0	+.9 +.1	-1.1 +.2	+.8 -0	+1.1 +.6	-1.4 +.2	+.8 -0	+1.4 +.6
1.19 - 1.97	-.3 +1.3	+1.0 -0	+.3 -3	-.5 +2.1	+1.6 -0	+.5 -.5	-.7 +.9	+1.0 -0	+.7 +.1	-1.1 +1.5	+1.6 -0	+1.1 +.1	-1.3 +.3	+1.0 -0	+1.3 +.7	-1.7 +.3	+1.0 -0	+1.7 +.7
1.97 - 3.15	-.3 +1.5	+1.2 -0	+.3 -3	-.6 +2.4	+1.8 -0	+.6 -.6	-.8 +1.1	+1.2 -0	+.8 +.1	-1.3 +1.7	+1.8 -0	+1.3 +.1	-1.5 +.4	+1.2 -0	+1.5 +.8	-2.0 +.4	+1.2 -0	+2.0 +.8
3.15 - 4.73	-.4 +1.8	+1.4 -0	+.4 -4	-.7 +2.9	+2.2 -0	+.7 -.7	-1.0 +1.3	+1.4 -0	+1.0 +.1	-1.5 +2.1	+2.2 -0	+1.5 +.1	-1.9 +.4	+1.4 -0	+1.9 +1.0	-2.4 +.4	+1.4 -0	+2.4 +1.0
4.73 - 7.09	-.5 +2.1	-1.6 -0	+.5 -5	-.8 +3.3	+2.5 -0	+.8 -.8	-1.1 +1.5	+1.6 -0	+1.1 +.1	-1.7 +2.4	+2.5 -0	+1.7 +.1	-2.2 +.4	+1.6 -0	+2.2 +1.2	-2.8 +.4	+1.6 -0	+2.8 +1.2

Tabla 34D Ajustes de localización con interferencia. Norma Nacional Americana

Variación del tamaño nominal (pulgadas)	CLASE LN 1			CLASE LN 2			CLASE LN 3		
	Límite de interferencia	Límite estándar		Límite de interferencia	Límite estándar		Límite de interferencia	Límite estándar	
		Agujero H6	Flecha n5		Agujero H7	Flecha p6		Agujero H7	Flecha r6
De a									
0 - .12	0	+ .25	+ .45	0	+ .4	+ .65	.1	+ .4	+ .75
	.45	- 0	+ .25	.65	- 0	+ .4	.75	- 0	+ .5
.12 - .24	0	+ .3	+ .5	0	+ .5	+ .8	.1	+ .5	+ .9
	.5	- 0	+ .3	.8	- 0	+ .5	.9	- 0	+ .6
.24 - .40	0	+ .4	+ .65	0	+ .6	+ 1.0	.2	+ .6	+ 1.2
	.65	- 0	+ .4	1.0	- 0	+ .6	1.2	- 0	+ .8
.40 - .71	0	+ .4	+ .8	0	+ .7	+ 1.1	.3	+ .7	+ 1.4
	.8	- 0	+ .4	1.1	- 0	+ .7	1.4	- 0	+ 1.0
.71 - 1.19	0	+ .5	+ 1.0	0	+ .8	+ 1.3	.4	+ .8	+ 1.7
	1.0	- 0	+ .5	1.3	- 0	+ .8	1.7	- 0	+ 1.2
1.19 - 1.97	0	+ .6	+ 1.1	0	+ 1.0	+ 1.6	.4	+ 1.0	+ 2.0
	1.1	- 0	+ .6	1.6	- 0	+ 1.0	2.0	- 0	+ 1.4
1.97 a 3.15	.1	+ .7	+ 1.3	.2	+ 1.2	+ 2.1	.4	+ 1.2	+ 2.3
	1.3	- 0	+ .7	2.1	- 0	+ 1.4	2.3	- 0	+ 1.6
3.15 - 4.73	.1	+ .9	+ 1.6	.2	+ 1.4	+ 2.5	.6	+ 1.4	+ 2.9
	1.6	- 0	+ 1.0	2.5	- 0	+ 1.6	2.9	- 0	+ 2.0
4.73 - 7.09	.2	+ 1.0	+ 1.9	.2	+ 1.6	+ 2.8	.9	+ 1.6	+ 3.5
	1.9	- 0	+ 1.2	2.8	- 0	+ 1.8	3.5	- 0	+ 2.5

Tabla 34E Ajustes forzados y por contracción. Norma Nacional Americana

Variación del tamaño nominal (pulgadas)	CLASE FN 1			CLASE FN 2			CLASE FN 3			CLASE FN 4			CLASE FN 5		
	Limite de interferencia	Limite estándar		Limite de interferencia	Limite estándar		Limite de interferencia	Limite estándar		Limite de interferencia	Limite estándar		Limite de interferencia	Limite estándar	
		Agujero H6	Flecha		Agujero H7	Flecha s6		Agujero H7	Flecha t6		Agujero H7	Flecha u6		Agujero H8	Flecha x7
De a															
0 - .12	.05	+.25	+.5	.2	+.4	+.85				.3	+.4	+.95	.3	+.6	+1.3
	.5	-0	+.3	.85	-0	+.6				.95	-0	+.7	1.3	-0	+.9
.12 - .24	.1	+.3	+.6	.2	+.5	+1.0				.4	+.5	+1.2	.5	+.7	+1.7
	.6	-0	+.4	1.0	-0	+.7				1.2	-0	+.9	1.7	-0	+1.2
.24 - .40	.1	+.4	+.75	.4	+.6	+1.4				.6	+.6	+1.6	.5	+.9	+2.0
	.75	-0	+.5	1.4	-0	+1.0				1.6	-0	+1.2	2.0	-0	+1.4
.40 - .56	.1	+.4	+.8	.5	+.7	+1.6				.7	+.7	+1.8	.6	+1.0	+2.3
	.8	-0	+.5	1.6	-0	+1.2				1.8	-0	+1.4	2.3	-0	+1.6
.56 - .71	.2	+.4	+.9	.5	+.7	+1.6				.7	+.7	+1.8	.8	+1.0	+2.5
	.9	-0	+.6	1.6	-0	+1.2				1.8	-0	+1.4	2.5	-0	+1.8
.71 - .95	.2	+.5	+1.1	.6	+.8	+1.9				.8	+.8	+2.1	1.0	+1.2	+3.0
	1.1	-0	+.7	1.9	-0	+1.4				2.1	-0	+1.6	3.0	-0	+2.2
.95 - 1.19	.3	+.5	+1.2	.6	+.8	+1.9	.8	+.8	+2.1	1.0	+.8	+2.3	1.3	+1.2	+3.3
	1.2	-0	+.8	1.9	-0	+1.4	2.1	-0	+1.6	2.3	-0	+1.8	3.3	-0	+2.5
1.19 - 1.58	.3	+.6	+1.3	.8	+1.0	+2.4	1.0	+1.0	+2.6	1.5	+1.0	+3.1	1.4	+1.6	+4.0
	1.3	-0	+.9	2.4	-0	+1.8	2.6	-0	+2.0	3.1	-0	+2.5	4.0	-0	+3.0
1.58 - 1.97	.4	+.6	+1.4	.8	+1.0	+2.4	1.2	+1.0	+2.8	1.8	+1.0	+3.4	2.4	+1.6	+5.0
	1.4	-0	+1.0	2.4	-0	+1.8	2.8	-0	+2.2	3.4	-0	+2.8	5.0	-0	+4.0
1.97 - 2.56	.5	+.7	+1.8	.8	+1.2	+2.7	1.3	+1.2	+3.2	2.3	+1.2	+4.2	3.2	+1.8	+6.2
	1.8	-0	+1.3	2.7	-0	+2.0	3.2	-0	+2.5	4.2	-0	+3.5	6.2	-0	+5.0
2.55 - 3.15	.7	+.7	+1.9	1.0	+1.2	+2.9	1.8	+1.2	+3.7	2.8	+1.2	+4.7	4.2	+1.8	+7.2
	1.9	-0	+1.4	2.9	-0	+2.2	3.7	-0	+3.0	4.7	-0	+4.0	7.2	-0	+6.0
3.15 - 3.94	.9	+.9	+2.4	1.4	+1.4	+3.7	2.1	+1.4	+4.4	3.6	+1.4	+5.9	4.8	+2.2	+8.4
	2.4	-0	+1.8	3.7	-0	+2.8	4.4	-0	+3.5	5.9	-0	+5.0	8.4	-0	+7.0
3.94 - 4.73	1.1	+.9	+2.6	1.6	+1.4	+3.9	2.6	+1.4	+4.9	4.6	+1.4	+6.9	5.8	+2.2	+9.4
	2.6	-0	+2.0	3.9	-0	+3.0	4.9	-0	+4.0	6.9	-0	+6.0	9.4	-0	+8.0

Los límites son en milésimas de pulgada. Los límites para agujero y flecha se aplican algebraicamente al tamaño básico para obtener los límites de tamaño de las partes. Los símbolos H7, s6, etc., son designaciones de agujero y flechas empleadas en el sistema ABC.