



TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

2024



AJUSTE Y TOLERANCIAS

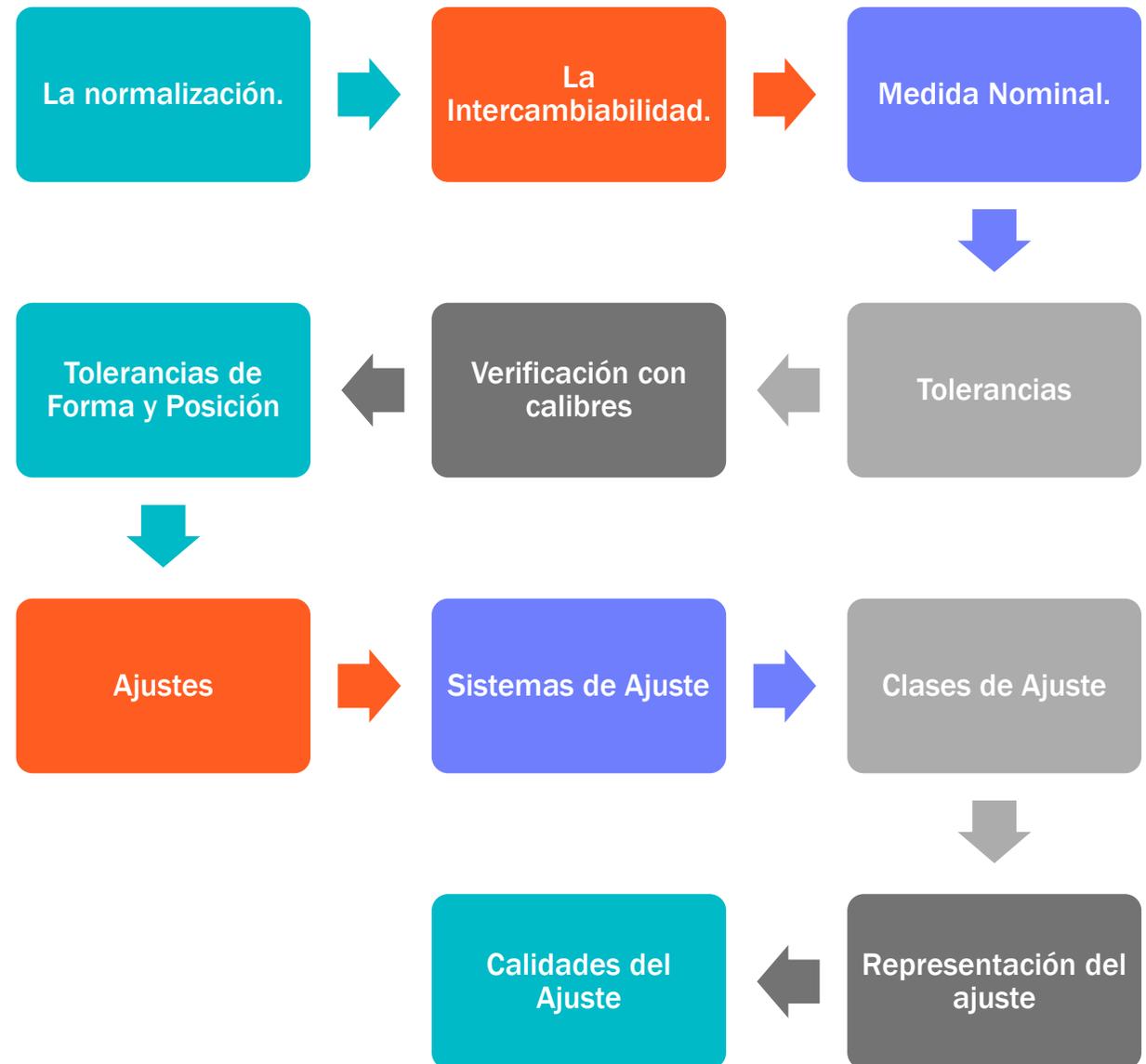
TEMA 6B 2024



GUÍA TEÓRICA

AJUSTE Y TOLERANCIAS

TEMAS:



Freude am Fahren – Jeden Tag

QUÉ ES LA NORMALIZACIÓN?

- Hoy en día, con la finalidad de lograr economía de escala, se deben fabricar una gran cantidad de piezas en serie.

QUÉ ES LA NORMALIZACIÓN?

- Para que dicha fabricación pueda ser enviada al mercado debe cumplir con los requisitos de tolerancias y ajuste del diseño.
- El cumplimiento de los requisitos, son indispensables para que las piezas sean intercambiables.

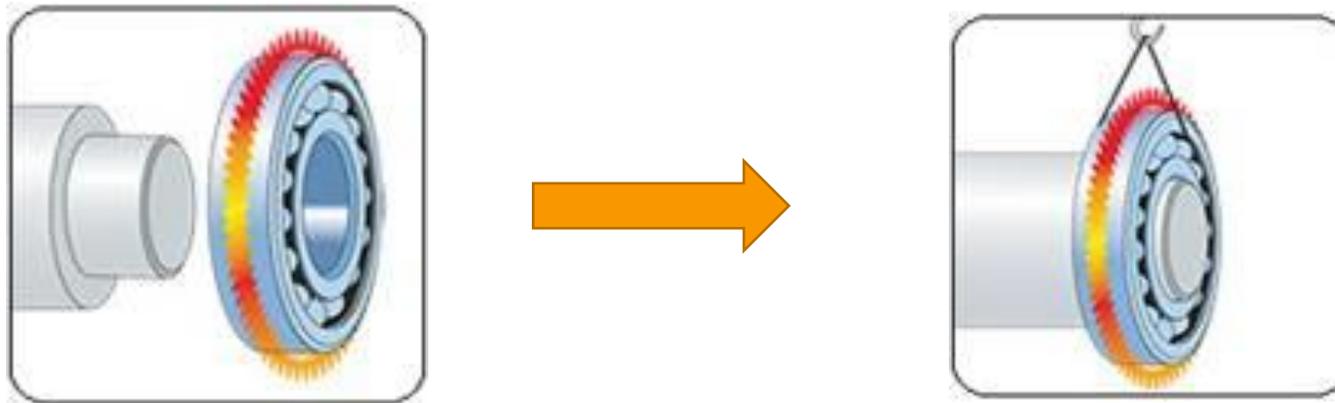


QUÉ ES LA NORMALIZACIÓN?

Qué significa que sean intercambiables?:

Empresa A: Ejes

Empresa B: Rodamientos



A close-up photograph of a metal bolt with a hexagonal head and a threaded shaft. The bolt is positioned diagonally across the frame. To the left of the bolt, there is a white surface with the number '90' written in black marker. A yellow marker is also visible, pointing towards the bolt. The background is dark and out of focus.

QUÉ ES LA NORMALIZACIÓN?

Para que sean intercambiables las piezas deben cumplirse las siguientes condiciones:

- 1. Todas las piezas de una misma serie deben tener dimensiones iguales dentro de una determinada tolerancia.**
- 2. El ajuste de las diferentes piezas de la misma serie debe hacerse sin retoque de ninguna clase.**
- 3. Una pieza rota o desgastada por el uso debe poderse reemplazar rápidamente por otra de la misma clase.**

QUÉ ES LA NORMALIZACIÓN?

La Normalización es un conjunto de normas que reglamenta un gran número de fenómenos / conceptos con la finalidad de ordenarlos.

QUÉ ES LA NORMALIZACIÓN?

**En el ámbito Industrial,
Norma es una solución
aplicada a un problema
que se repite “n” veces.**

**También son reglas que
determinan las distintas
características que debe
tener una pieza.**

INSTITUCIONES NORMALIZADORAS

ANSI

- Instituto Nacional Americano de Estándares.

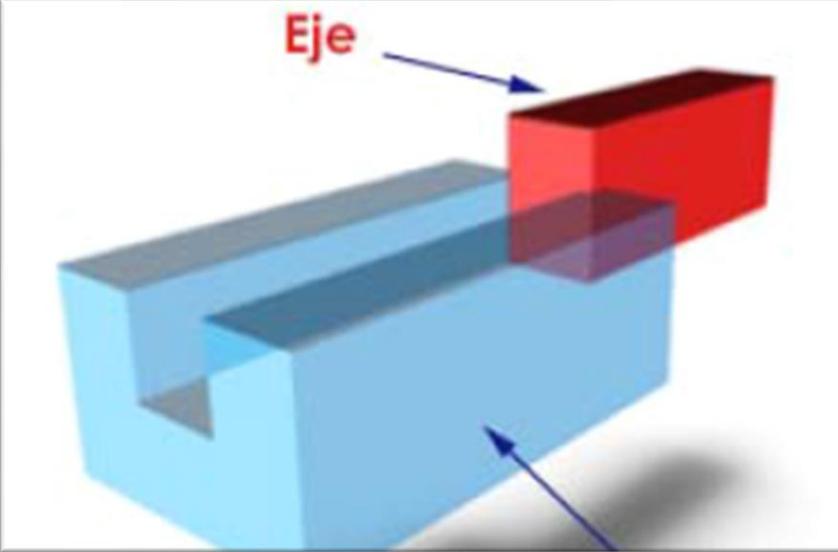
DIN:

- Normas Industriales Alemanas.

ISO:

- Normas ISO Organización Internacional de Estandarización.





INTERCAMBIABILIDAD

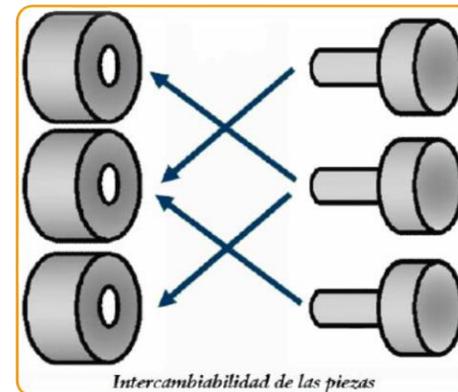
En Mecánica el encaje es el acoplamiento entre dos piezas. (una pieza interior y una pieza exterior / una pieza hembra y una pieza macho / entre un eje y un agujero; independientemente de la forma de la sección que tengan).

INTERCAMBIABILIDAD

Para lograr estos encajes es necesario que se cumplan las condiciones de ajuste determinadas en los diseños.

En la fabricación en serie no se puede basar en un ajuste individual y manual para cada par de piezas ya que es necesario que las piezas sean intercambiables.

Esto es que cualquier par de piezas se puedan acoplar sin necesidad de hacer ningún retoque.



INTERCAMBIABILIDAD

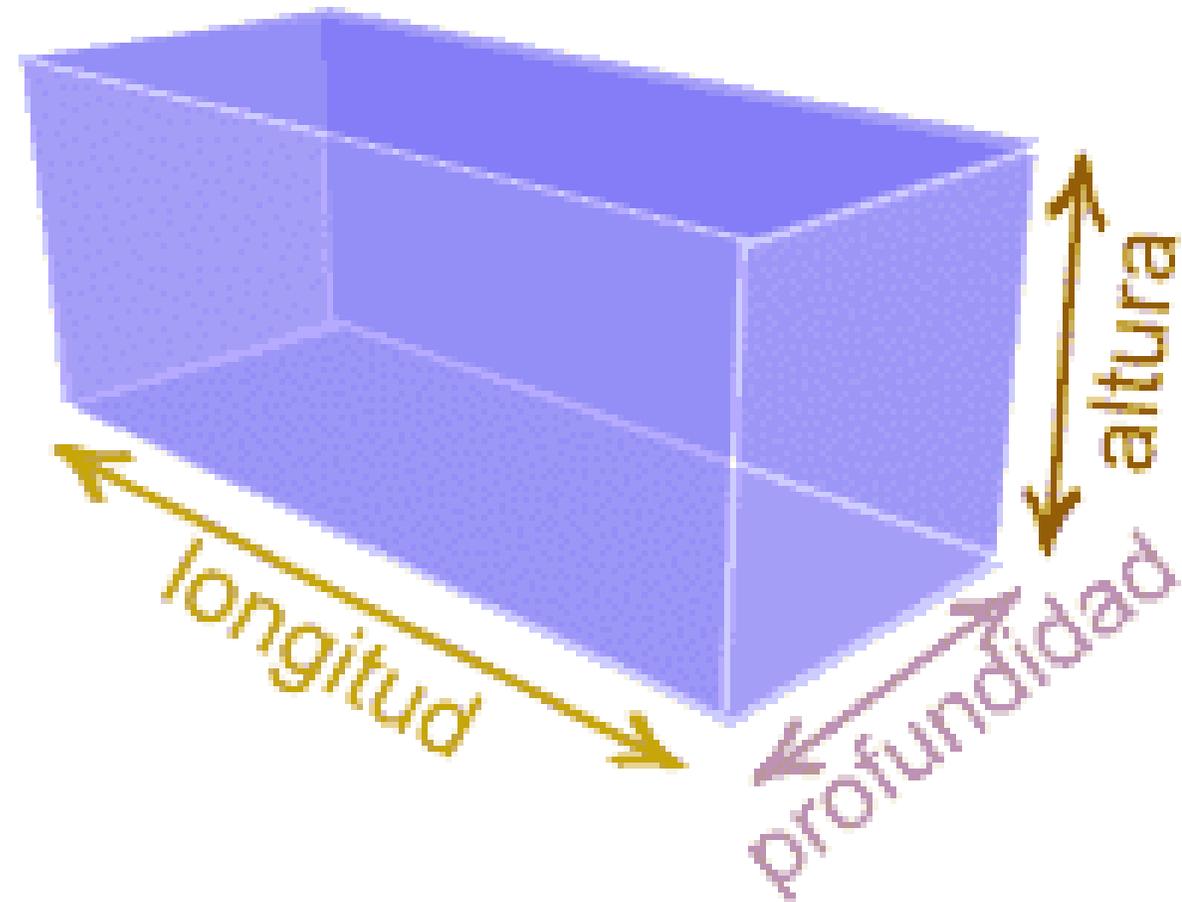
La fabricación intercambiable tiene ventajas que contribuyen a la minimización del costo de fabricación:

- Se pueden fabricar dispositivos que simplifiquen el trabajo a realizar,
- La fabricación de las piezas se pueden realizar en diferentes talleres,
- Las piezas se pueden montar directamente sin necesidad de ajuste en la línea de ensamble.

DIMENSIONES

Magnitud o magnitudes que se consideran en el espacio para determinar el tamaño de las cosas. Pueden ser Lineales , angulares, volumétricas, etc.

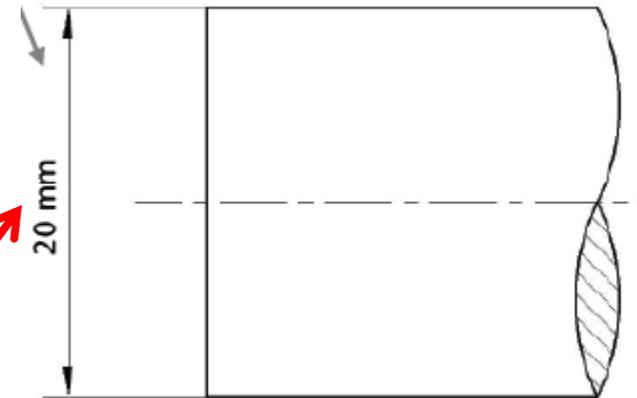
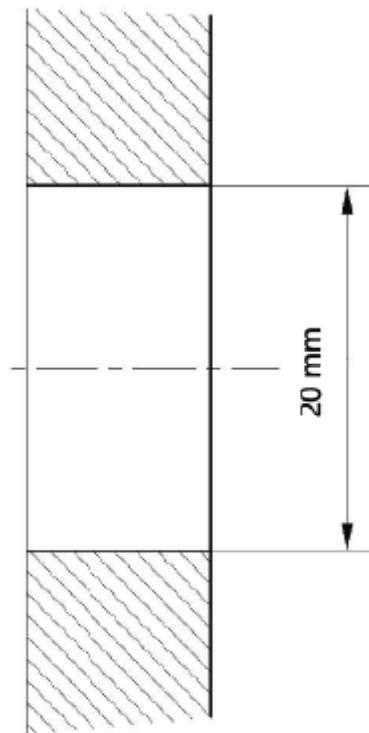
Dimensión



DIMENSIONES

Ejemplo:

- Agujero de 20mm
- Eje de 20mm



ACOTACIÓN

Forma de acotar una
dimensión

QUÉ ES LA TOLERANCIA?

Para lograr la intercambiabilidad teóricamente podríamos terminar todas las piezas a una medida matemáticamente exacta. Pero eso es imposible en la realidad.

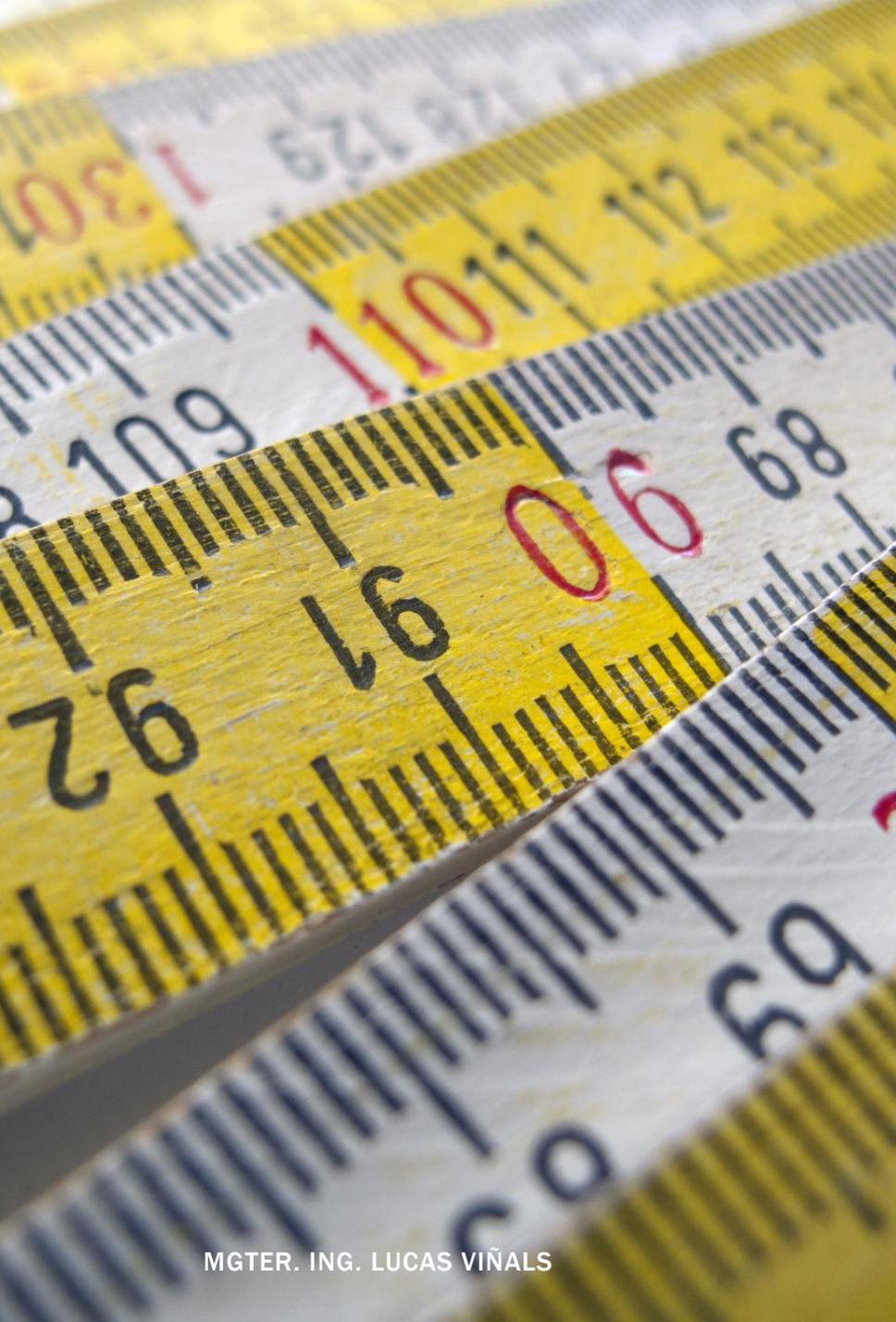


QUÉ ES LA TOLERANCIA?

Por lo que la intercambiabilidad se puede lograr fijando límites a las dimensiones reales que puede tener las piezas que forman el acoplamiento y mediante una adecuada elección de esos límites, se logra que los ajustes respondan a las exigencias del diseño.

TOLERANCIA ES:

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



TOLERANCIA

La tolerancia está comprendida entre dos límites:

- Límite inferior: Que indica la medida mínima que puede tener una dimensión
- Límite superior: Que indica la medida máxima que puede tener una dimensión

PORQUÉ SE DEBE ACOTAR CON TOLERANCIA UNA PIEZA?



Nunca el valor nominal de una pieza será el valor real.

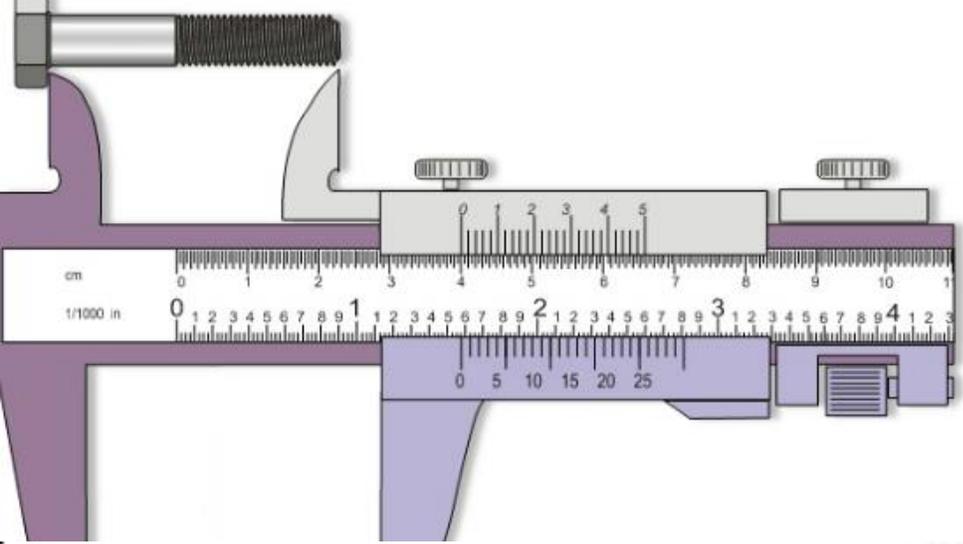


Ningún sistema de medición garantiza la igualdad entre dos mediciones distintas.



Ningún proceso de fabricación garantiza a la perfección y exactitud reproducir las cotas medidas nominales teóricas.

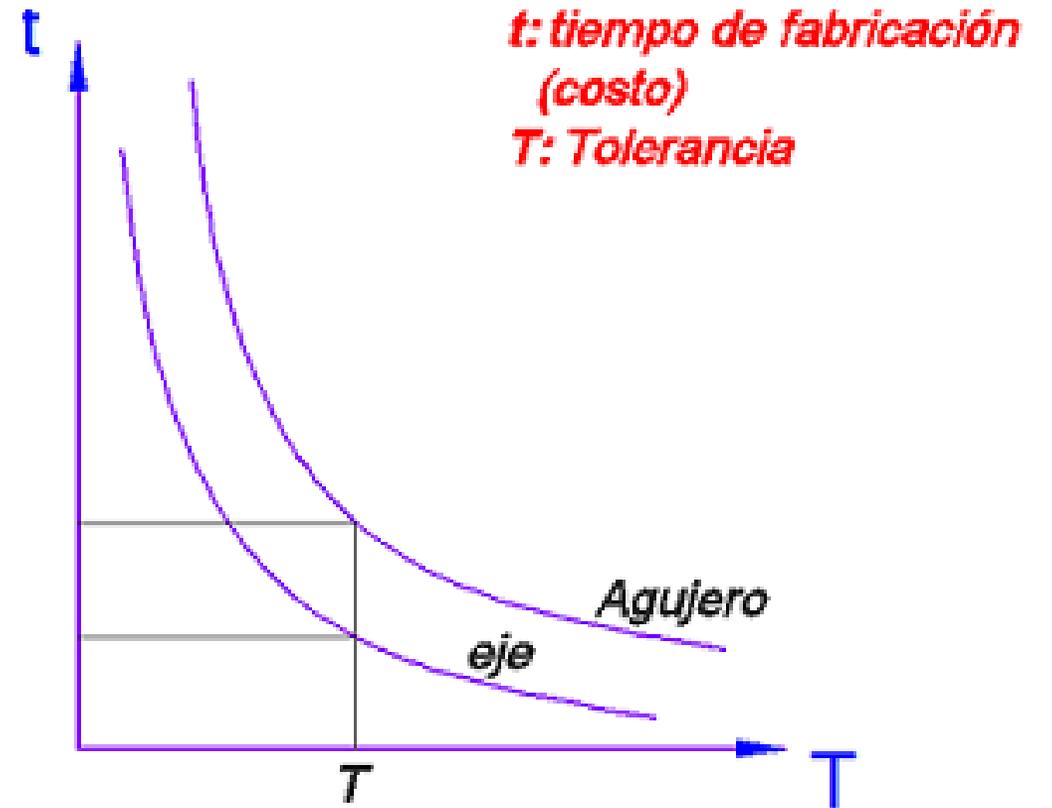
TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN



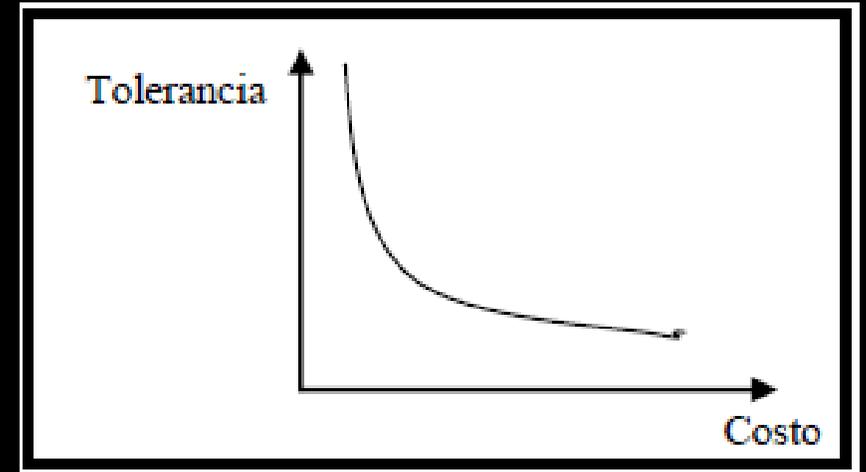
El propósito de los intervalos de tolerancia es el de admitir margen para las imperfecciones e imprecisiones propias de los procesos de manufactura.

TOLERANCIA DE FABRICACIÓN

Es deseable especificar el mayor valor posible de tolerancia siempre y cuando los componentes en cuestión mantengan su funcionalidad.



TOLERANCIA DE FABRICACIÓN



Cuanto menor sea el margen de tolerancia es mas costosa su producción y dificulta la fabricación.

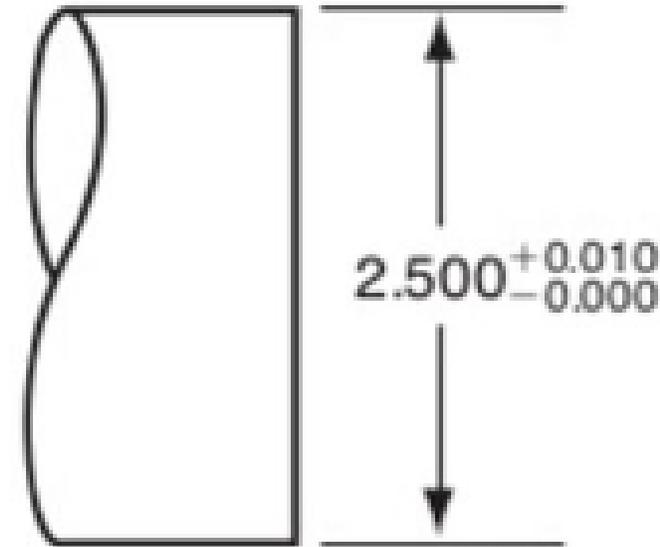
TOLERANCIA UNILATERAL

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.

Medida Nominal: 2500mm

Medida Máxima: 2500,01mm

Medida Mínima: 2500mm



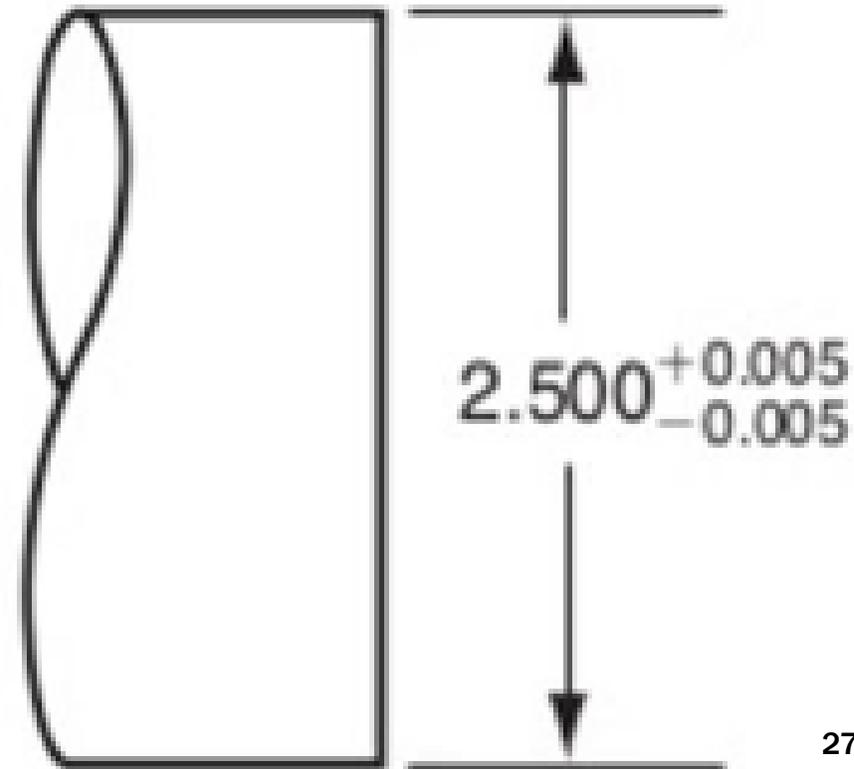
TOLERANCIA BILATERAL

Cuando la tolerancia superior e inferior es distinta de cero.

Medida Nominal: 2500mm

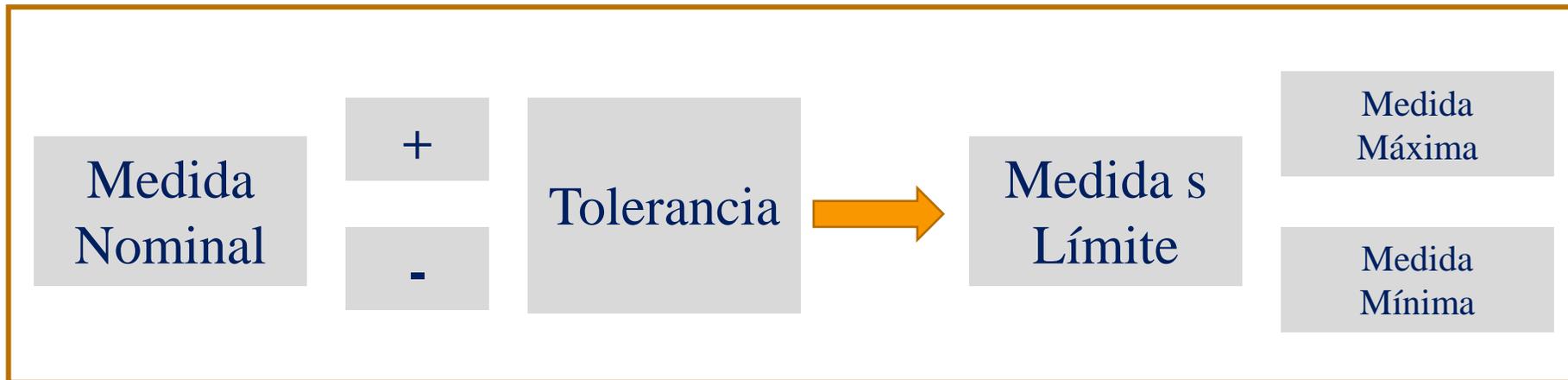
Medida Máxima: 2500,005mm

Medida Mínima: 2499,995mm



MEDIDA MÁXIMA Y MÍNIMA

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.



OBTENCIÓN DE MEDIDA MÁXIMA Y MÍNIMA

Agujero = $20^{+0.010}$

Eje = $20_{-0.010}$

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

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

CAMPO DE TOLERANCIA

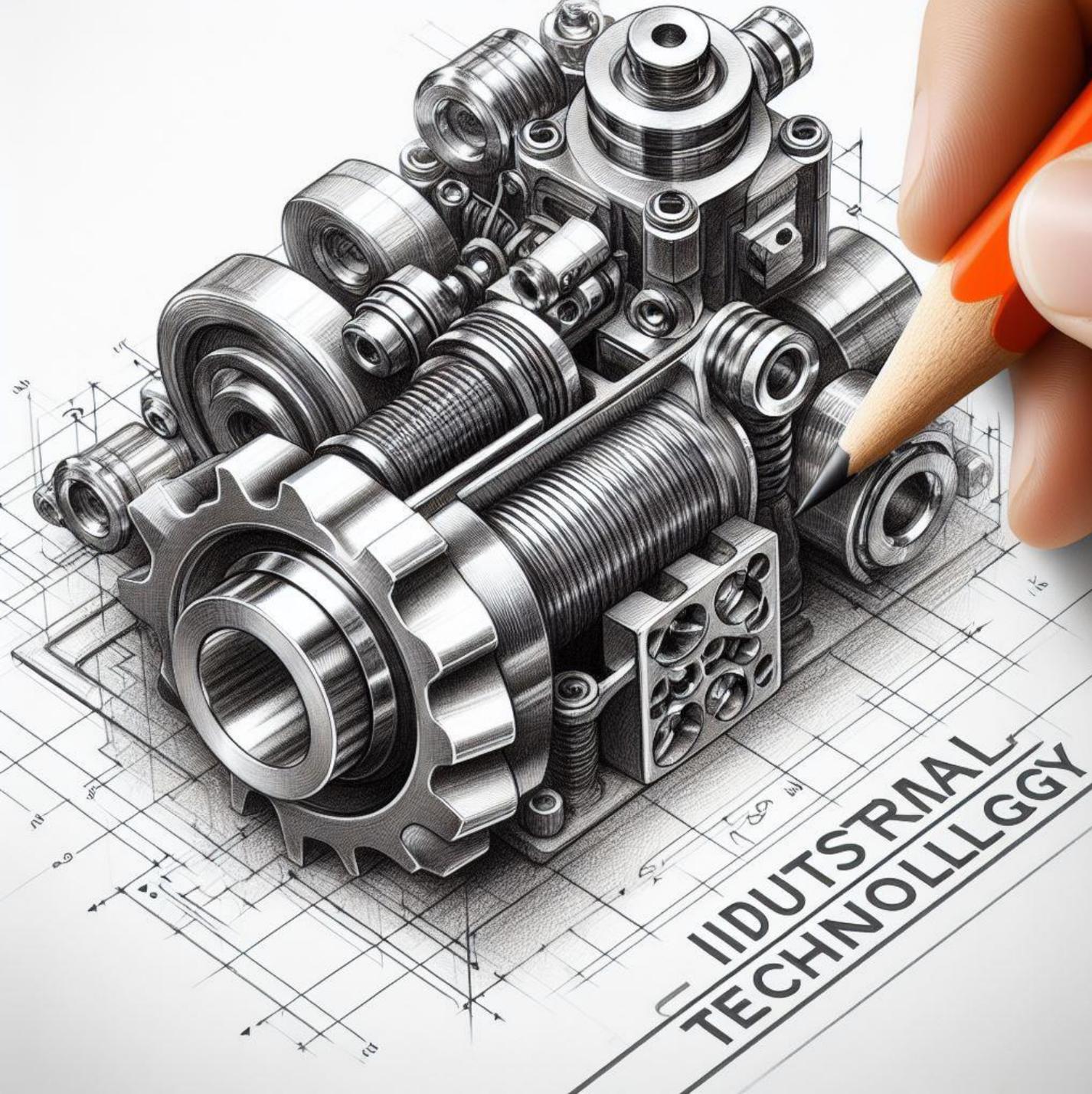
La diferencia entre la medida máxima y la medida mínima es el “Campo de Tolerancia” o, simplemente la “Tolerancia”.

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

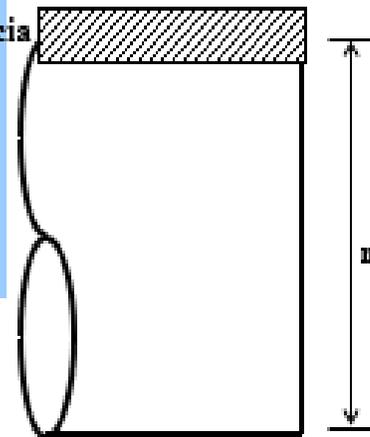
La diferencia entre la medida máxima y la medida mínima de ambos, en este caso sería:

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

ANOTACIÓN TOLERA. ALFANUMÉRICA - ISO-



Tolerancia



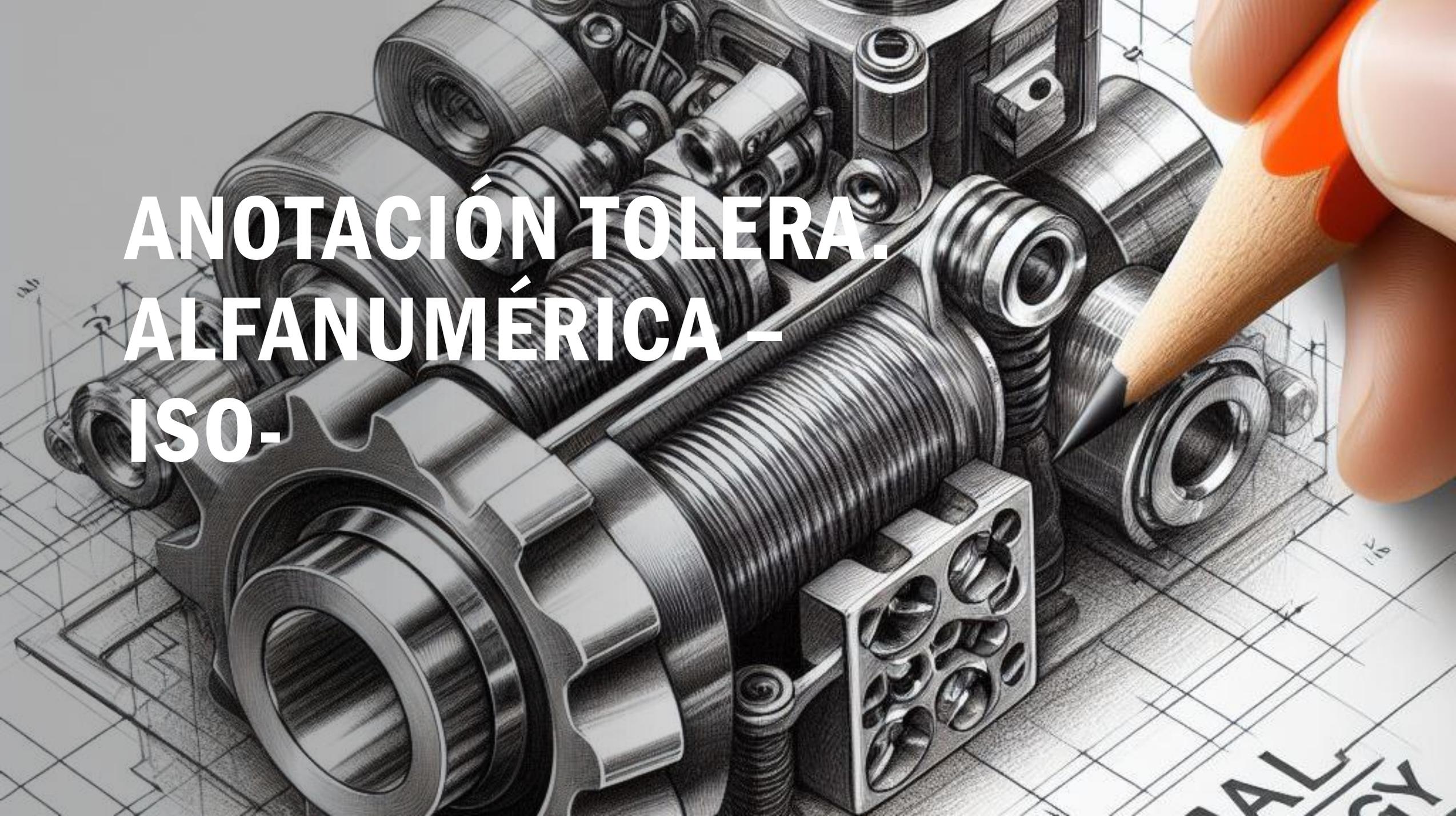
D
nominal

D = 60 k5

60: dimensión nominal

k: posición de la tolerancia

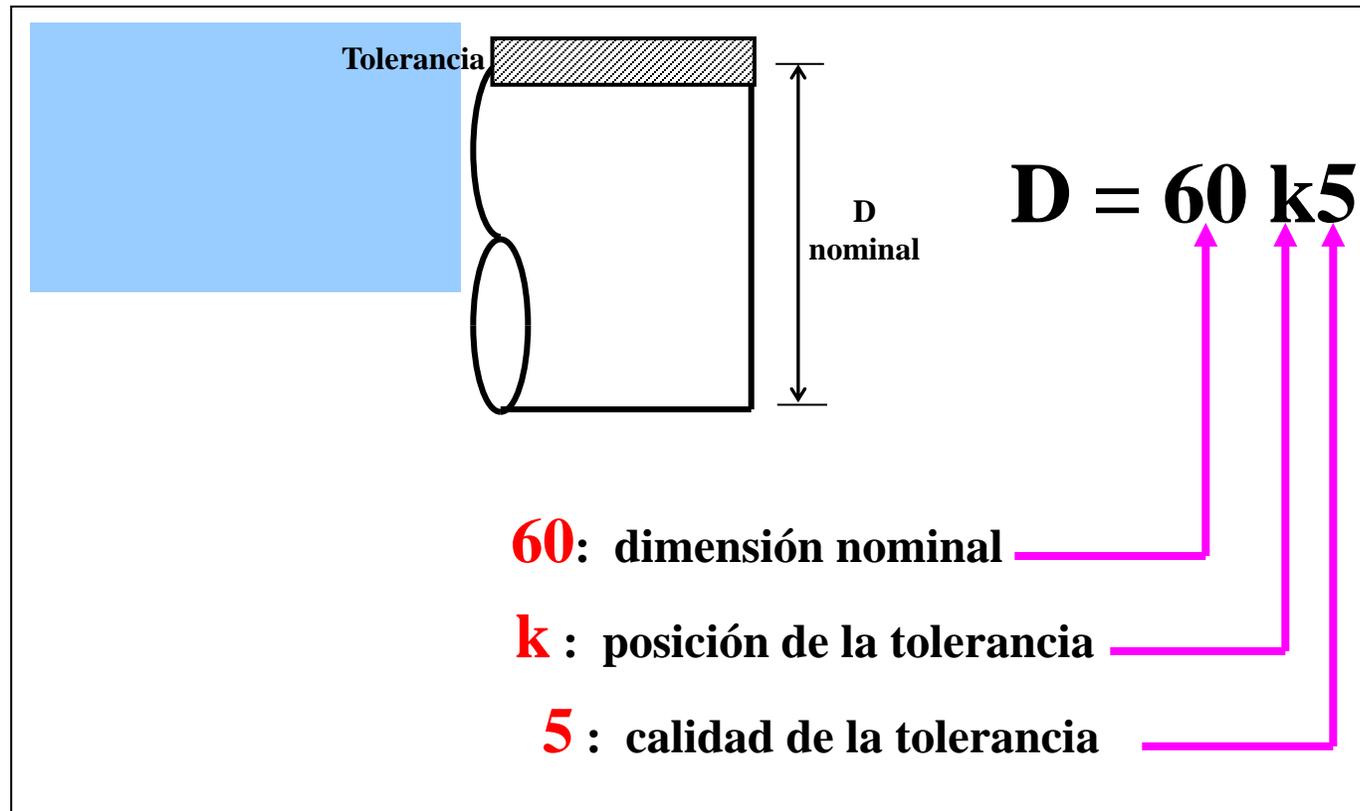
5: calidad de la tolerancia

A detailed technical drawing of a complex mechanical assembly, possibly a valve or engine component, rendered in a shaded, isometric style. The drawing is overlaid on a grid background. In the upper right corner, a hand is shown holding a pencil, pointing towards the drawing. The text 'ANOTACIÓN TOLERA. ALFANUMÉRICA - ISO-' is superimposed on the left side of the image.

ANOTACIÓN TOLERA. ALFANUMÉRICA - ISO-

MAL/gy

ANOTACIÓN DE LA TOLERANCIA ALFANUMÉRICA – ISO-



CALIDAD DE LA TOLERANCIA

Indica cuanta tolerancia tendrá una dimensión, es decir cuantas centésimos o milésimos podrá variar la medida de una pieza.

La calidad de las tolerancias son 18 en total y varían desde 0,1 a 16

CALIDAD DE TOLERANCIA	USO MÁS FRECUENTE
0.1 0 1 2 3 4	Calibres de comparación Bloques patrón Espejos, etc.

CALIDAD DE LA TOLERANCIA

Indica cuanta tolerancia tendrá una dimensión, es decir cuantas centésimos o milésimos podrá variar la medida de una pieza.

La calidad de las tolerancias son 18 en total y varían desde 0,1 a 16

CALIDAD DE TOLERANCIA	USO MÁS FRECUENTE
5	Piezas de uso industrial que se unirán con otras
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

CALIDAD DE LA TOLERANCIA

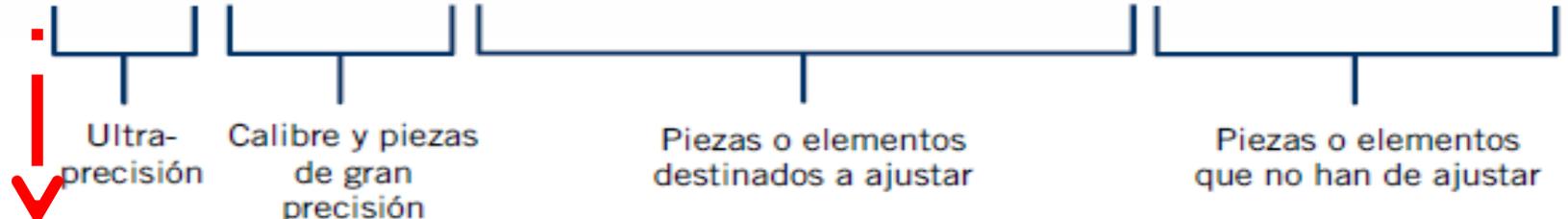
Indica cuanta tolerancia tendrá una dimensión, es decir cuantas centésimos o milésimos podrá variar la medida de una pieza.

La calidad de las tolerancias son **18** en total y varían desde **0,1** a **16**

CALIDAD DE TOLERANCIA	USO MÁS FRECUENTE
13 14 15 16	Piezas sueltas

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

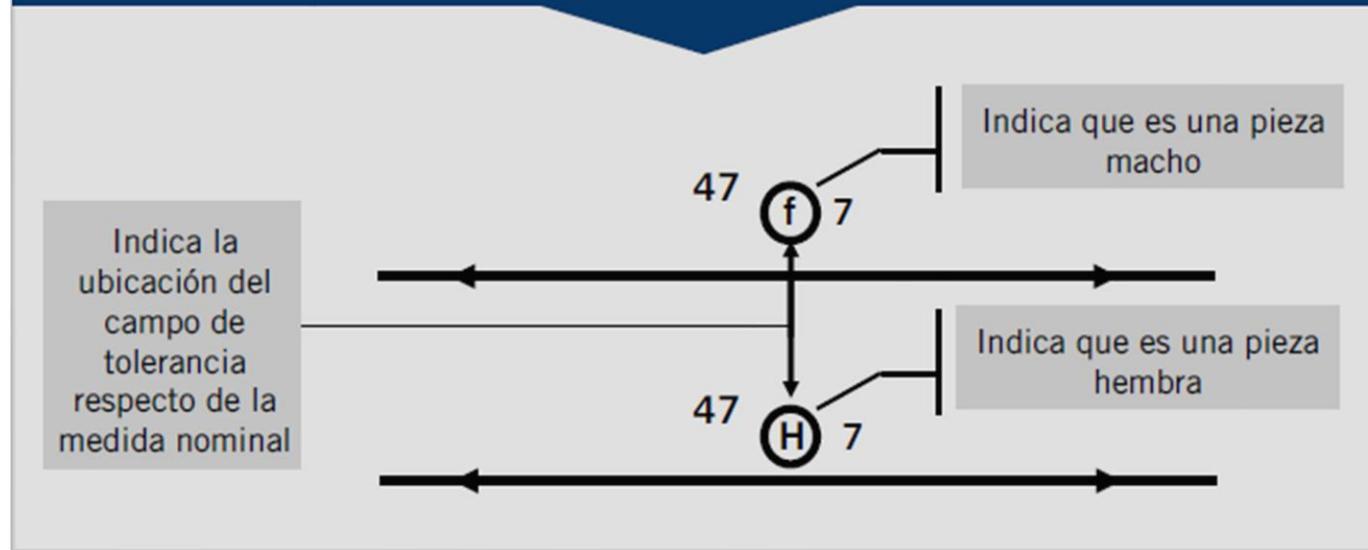




CONCLUSIÓN DE LA CALIDAD DE LA TOLERANCIA

La cantidad de tolerancia que tiene una determinada magnitud depende de 2 factores:

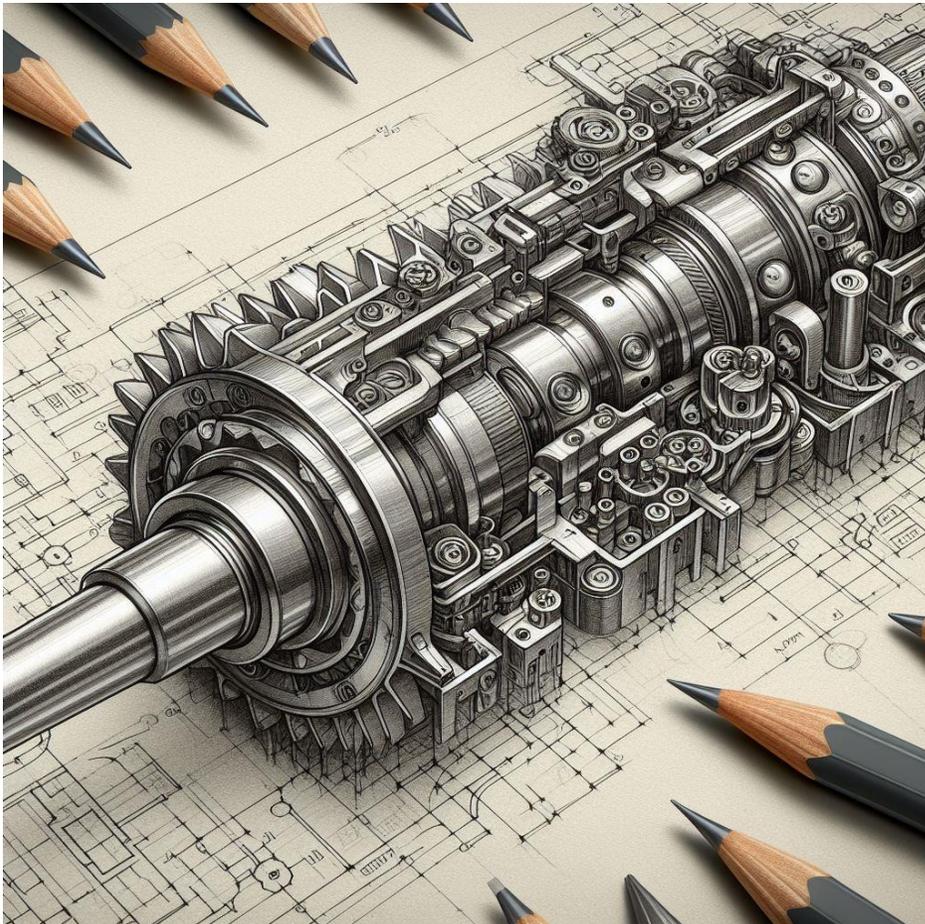
Representación Normalizada de una medida con Tolerancia



POSICIÓN DE LA TOLERANCIA

Se identifica con una letra que puede ser Mayúscula o Minúscula.

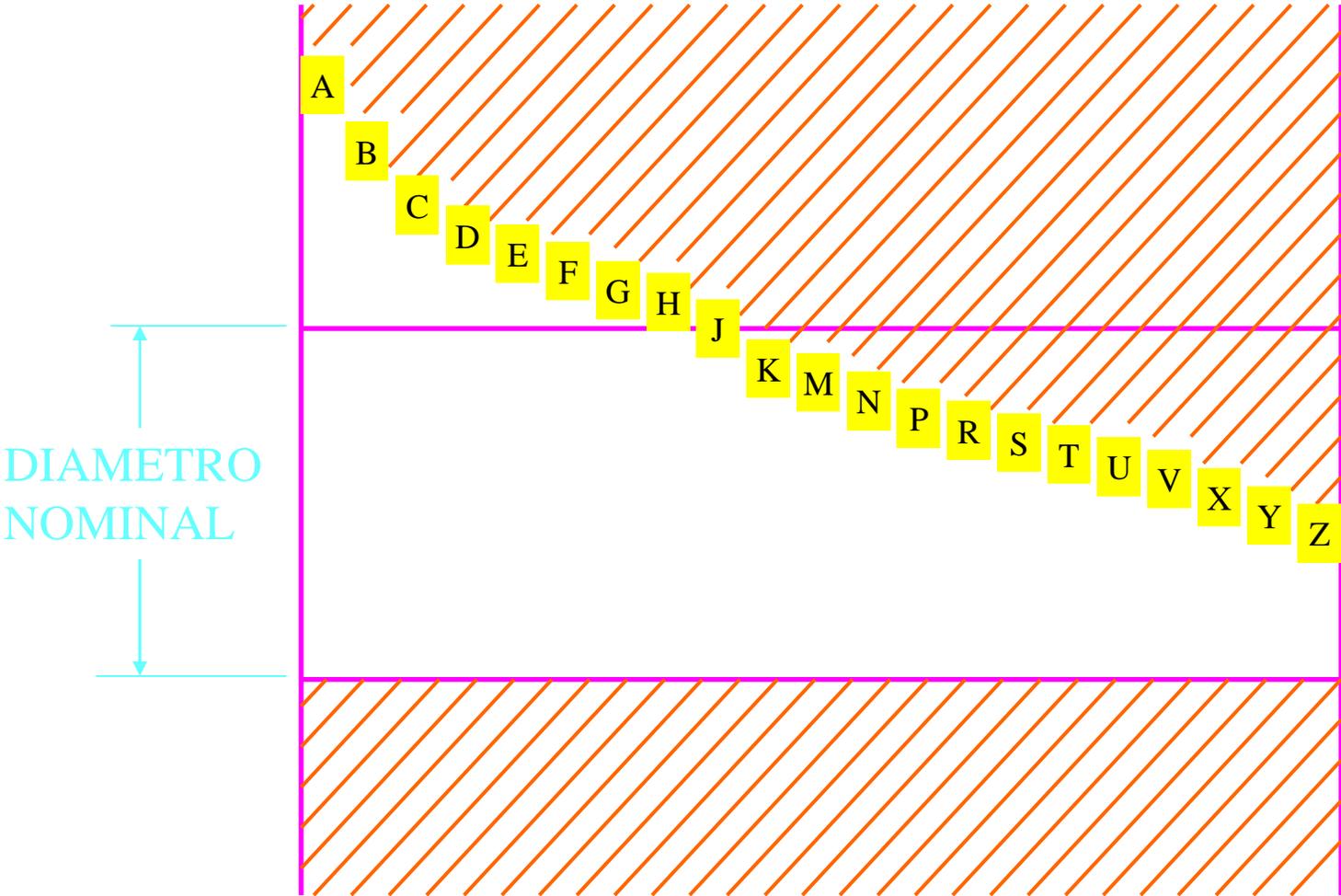
POSICIÓN DE LA TOLERANCIA: SIMBOLOGÍA

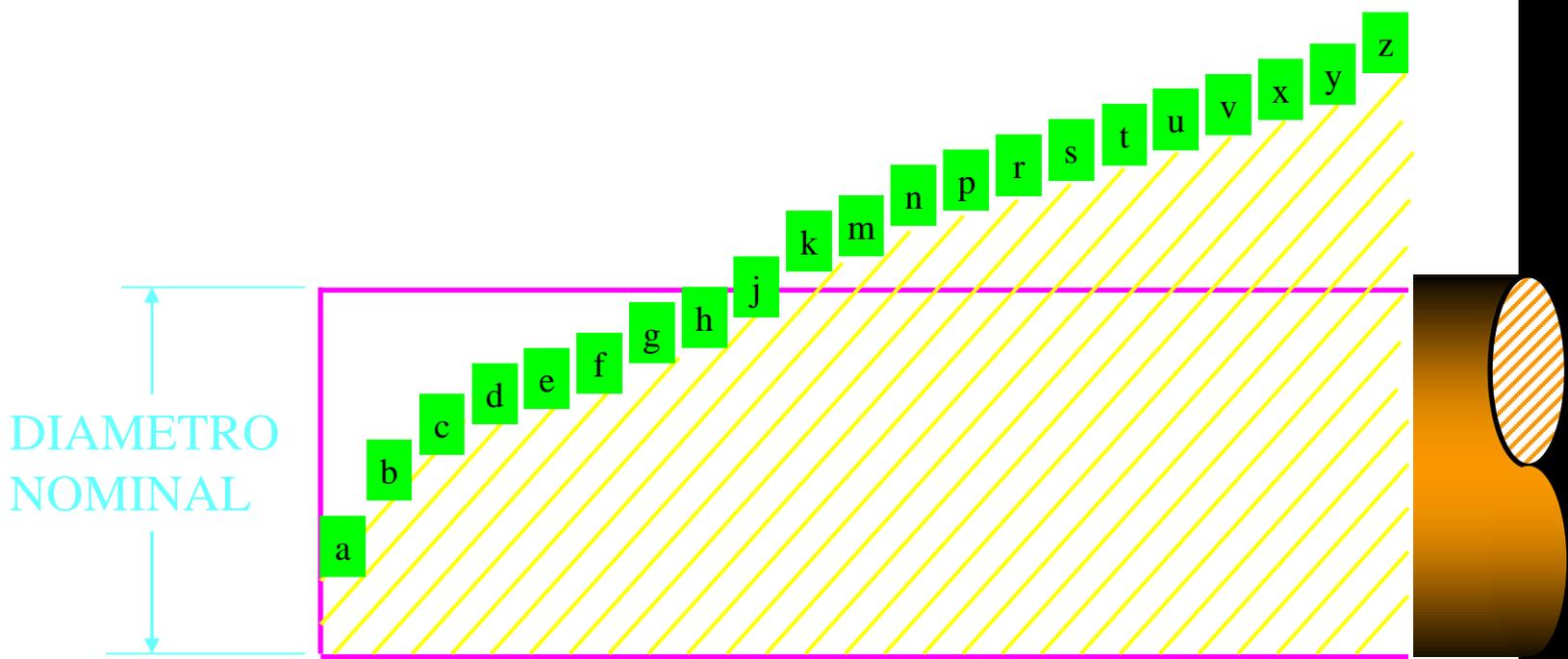


Además de los valores de calidad y, concretamente para **agujeros y ejes**, se establecen posiciones relativas en cuanto a los valores nominales de los mismos.

Mediante el símbolo de una **letra mayúscula para agujeros y minúscula para ejes**, se define la distancia a la que se encuentran los intervalos de tolerancias del nominal.

POSICION DE LA TOLERANCIA EN AGUJEROS





POSICION DE LA TOLERANCIA EN EJES

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.



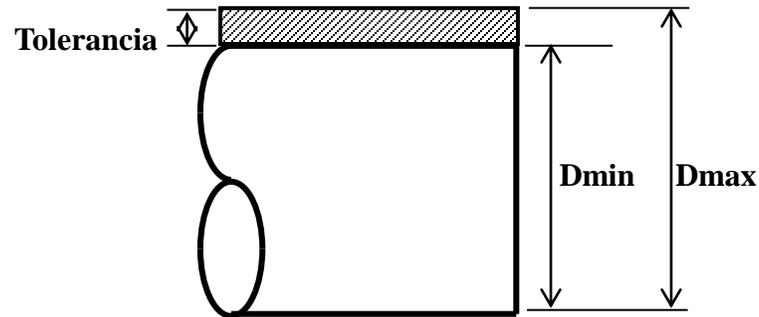
También hay letras que ubican el campo de tolerancia por arriba de la nominal. Por ejemplo, la “E”, para pieza hembra, y “r”, para pieza macho.



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.

POSICIÓN DE LA TOLERANCIA

VALOR DE LA TOLERANCIA



$$D = 50 \begin{matrix} +10\mu\text{m} \\ -10\mu\text{m} \end{matrix}$$

$$D = 50 \text{ mm}$$

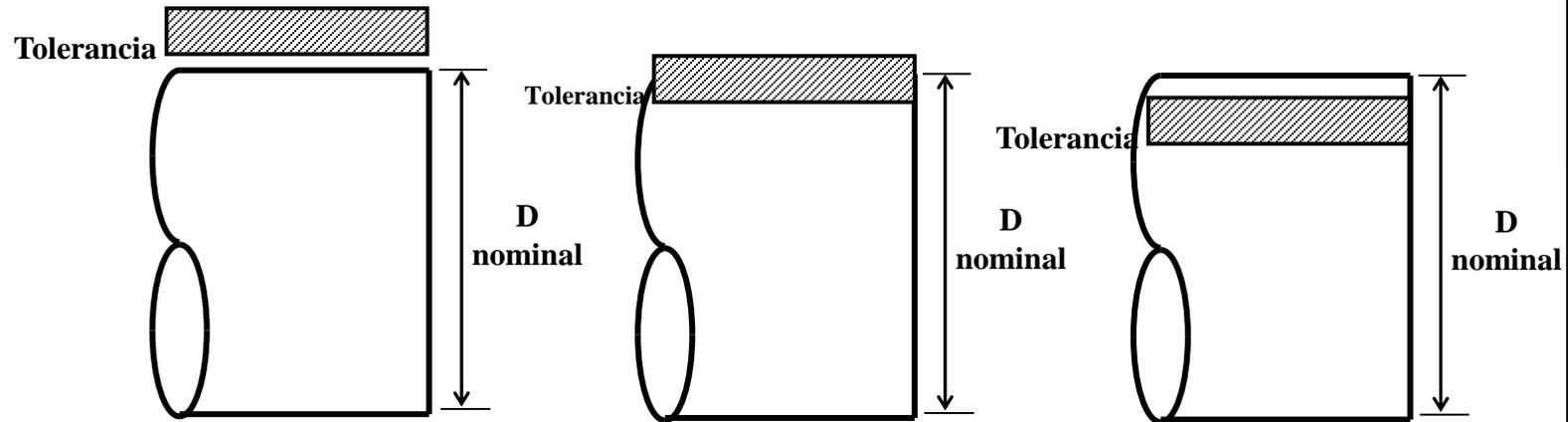
(nominal)

$$D_{\text{max}} = 50.010 \text{ mm}$$

$$D_{\text{min}} = 49.990 \text{ mm}$$

$$\text{Tolerancia} = 0.020 \text{ mm} = 20\mu\text{m}$$

POSICION DE LA TOLERANCIA



$$D = 50 \begin{matrix} +25\mu\text{m} \\ +5\mu\text{m} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} D_{\text{max}} = 50.025 \text{ mm} \\ D_{\text{min}} = 50.005 \text{ mm} \end{matrix}$$

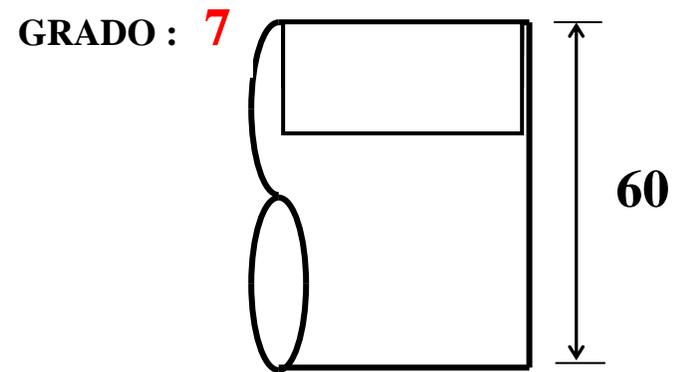
$$D = 50 \begin{matrix} +10\mu\text{m} \\ -10\mu\text{m} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} D_{\text{max}} = 50.010 \text{ mm} \\ D_{\text{min}} = 49.990 \text{ mm} \end{matrix}$$

$$D = 50 \begin{matrix} -15\mu\text{m} \\ -35\mu\text{m} \end{matrix}$$

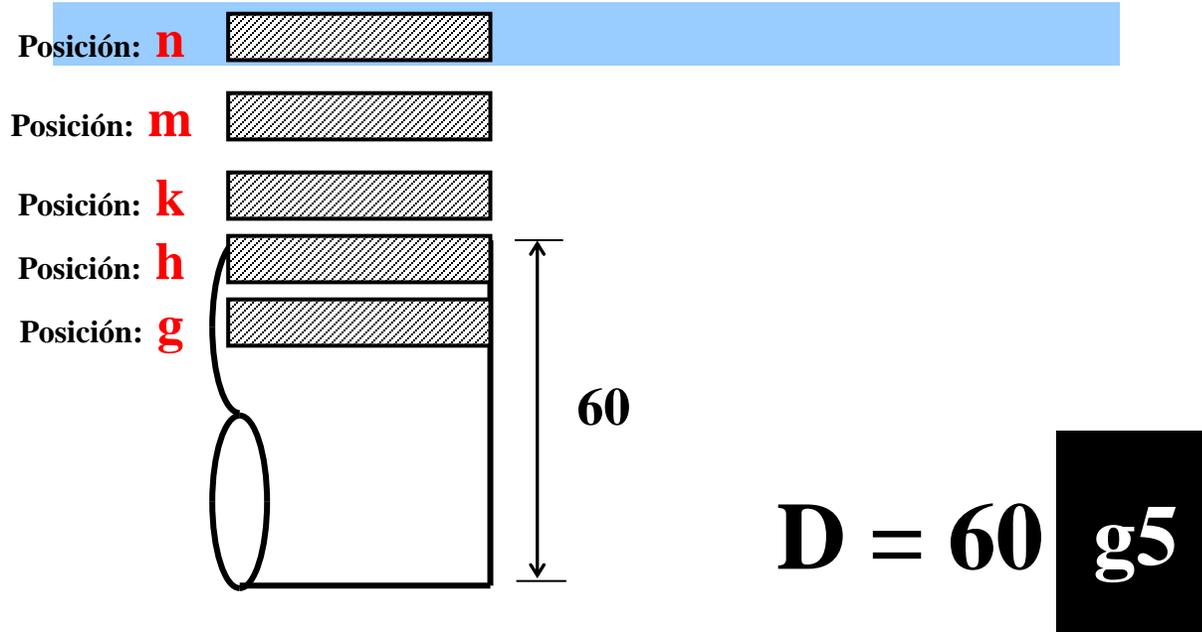
$$\begin{matrix} D_{\text{max}} = 49.985 \text{ mm} \\ D_{\text{min}} = 49.965 \text{ mm} \end{matrix}$$

MAGNITUD DE LA TOLERANCIA



$$D = 60 \text{ h7}$$

POSICION DE LA TOLERANCIA



CLASIFICACIÓN DE LA TOLERANCIA

Tolerancia Dimensional

Medida de la pieza.

Tolerancia de Forma

Configuración geométrica de la pieza.

Tolerancia de Posición

Posición de una pieza con respecto a otra.

TOLERANCIA DE FORMA Y POSICIÓN

Al igual que la dimensión nominal de una pieza, es prácticamente imposible fabricar una pieza geoméricamente perfecta.

TOLERANCIA DE FORMA Y POSICIÓN

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.

Asegurar la fabricación de las piezas en condiciones satisfactorias para el funcionamiento y la intercambiabilidad de piezas.



OBJETIVO DE LA TOLERANCIA DE FORMA Y POSICIÓN

TOLERANCIAS DE POSICIÓN.

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

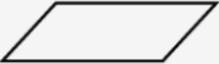
Limitan las diferencias admisibles de la **posición ideal geométrica** de dos o más elementos entre sí, de los cuales, generalmente se fija uno como elemento de referencia.

TOLERANCIAS DE FORMA.

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

OBJETIVO DE LA TOLERANCIA DE FORMA Y POSICIÓN

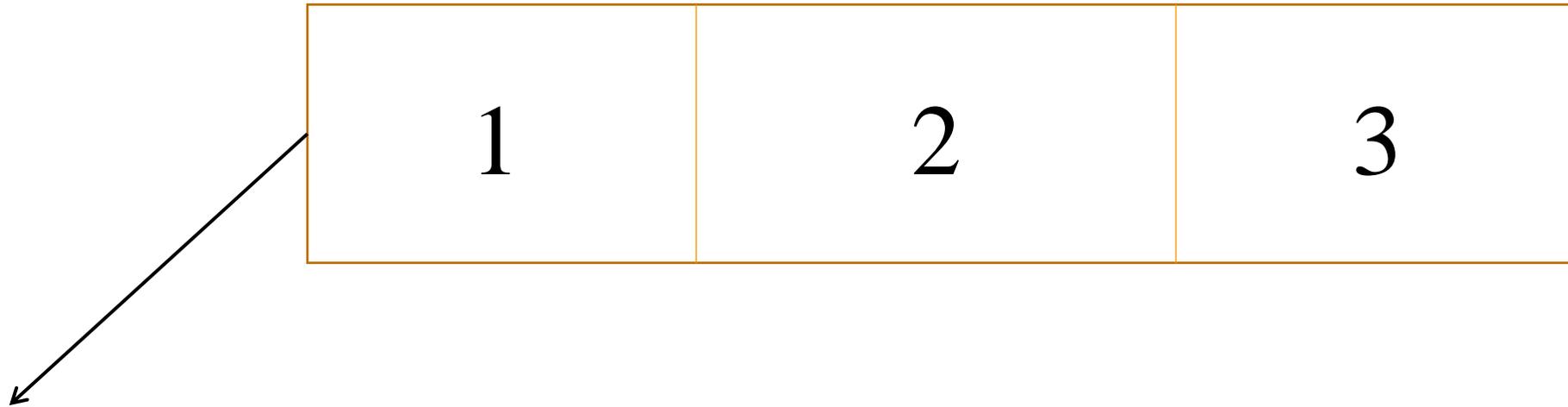
TOLERANCIA DE FORMA

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

TOLERANCIA DE POSICIÓN

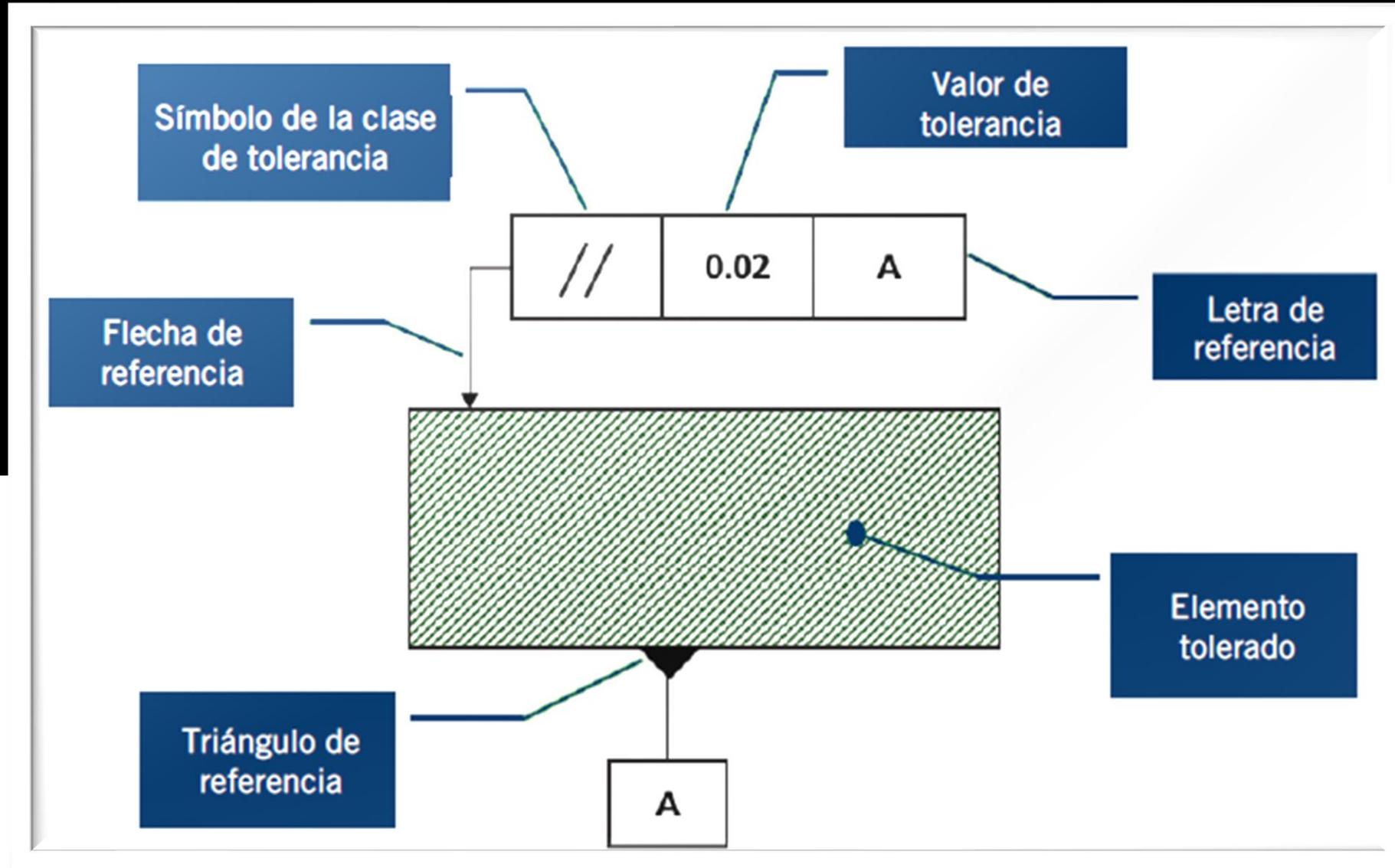
	PROPIEDAD TOLERADA	SÍMBOLO
Tolerancias de dirección	Paralelismo	
	Perpendicularidad	
	Inclinación (angular)	
Tolerancias de lugar	Posición	
	Concentricidad y coaxialidad	
	Simetría	
Tolerancias de oscilación	Circular	
	Total	

ANOTACIÓN: TOLERANCIA DE POSICIÓN Y FORMA



1. Propiedad o característica tolerada
2. Valor de la tolerancia
3. Letra de referencia (si lo hubiera)

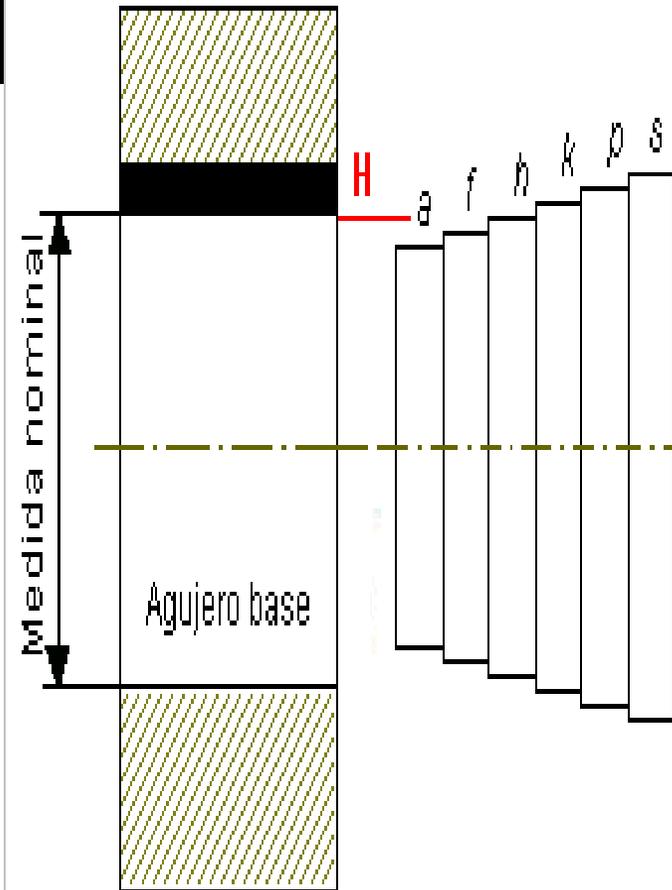
ANOTACIÓN: TOLERANCIA DE POSICIÓN Y FORMA



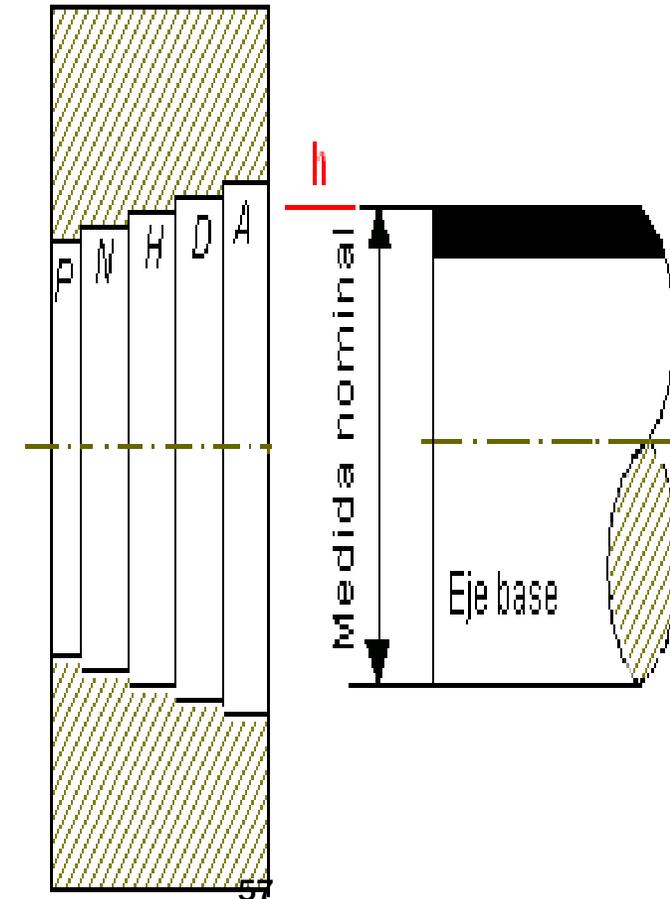
AJUSTE

Se denomina AJUSTE a la relación mecánica existente entre dos piezas que pertenecen a una máquina o equipo industrial, cuando una de ellas encaja o se acopla en la otra.

AGUJERO BASE



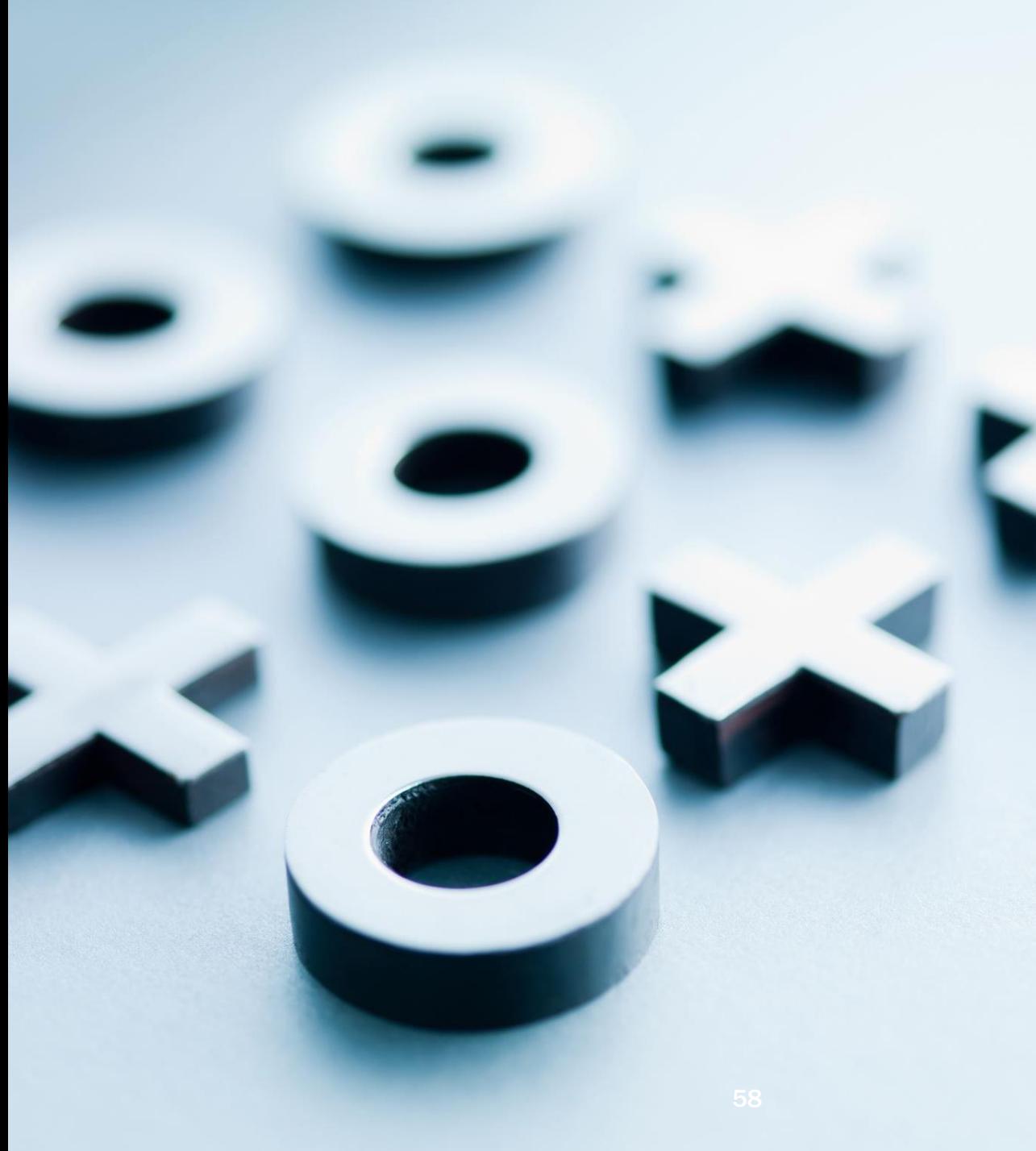
EJE BASE



SIMBOLOGÍA

PARA AGUJEROS

- Las posiciones A, B, C, CD, D, E, F, EF, FG, G dan un diámetro mayor que el nominal
- La posición H tiene su menor medida en el valor nominal
- Las posiciones P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC dan un diámetro menor que el nominal.



SIMBOLOGÍA

PARA EJES

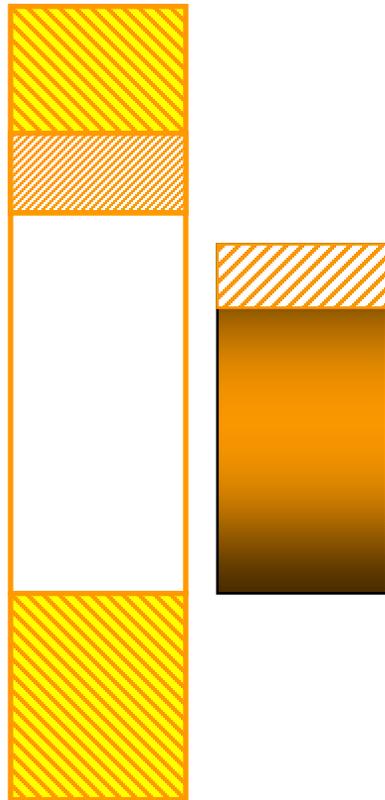
- Las posiciones a, b, c, cd, d, e, f, ef, fg, g dan un diámetro mayor que el nominal
- La posición h tiene su medida menor que el valor nominal
- Las posiciones p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc dan un diámetro menor que el nominal

AJUSTE / TOLERANCIA

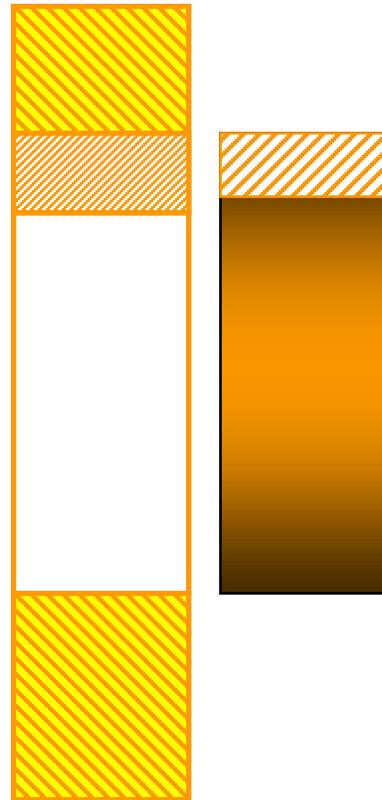
En el diseño Industrial, el ajuste mecánico tiene que ver con la tolerancia admitida en la fabricación de dos piezas que se han de ajustar una a la otra.

TIPOS DE AJUSTE

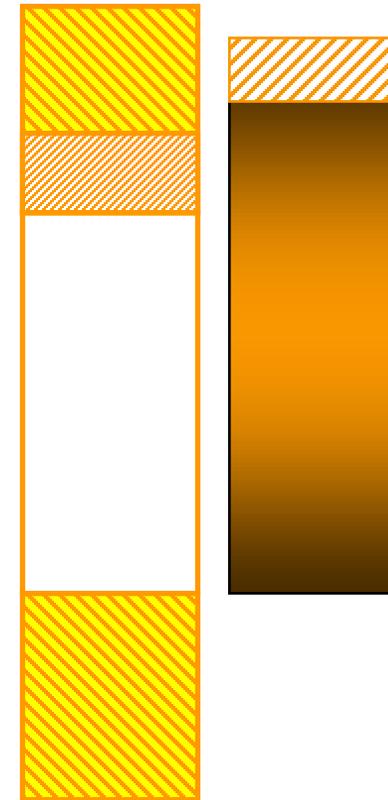
Ajuste con holgura



Ajuste indeterminado



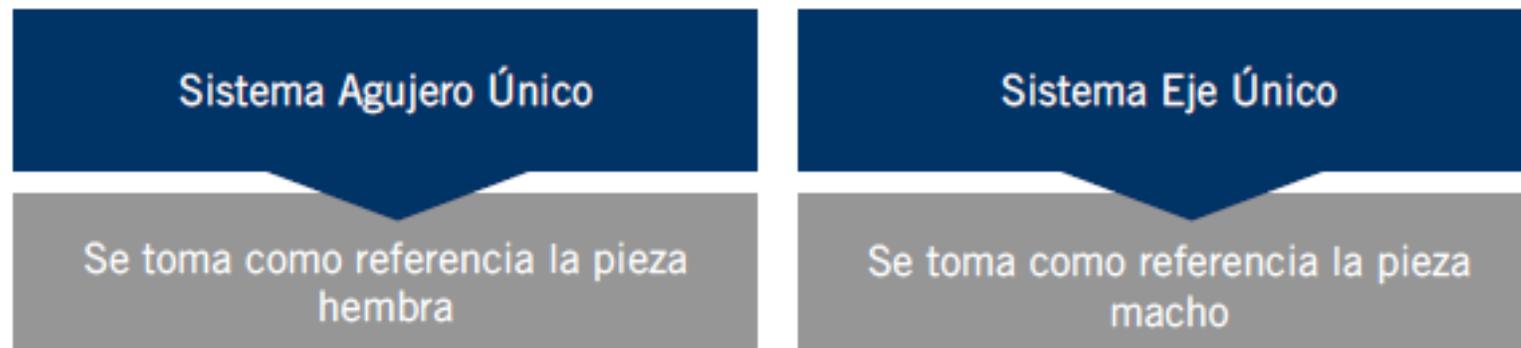
Ajuste con interferencia



SISTEMA DE AJUSTE

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.

Lo antes indicado implica que existen 2 sistemas de ajuste:



EJEMPLOS DEL SISTEMA DE AJUSTE

Sistema Agujero Único

Se toma como referencia la pieza hembra

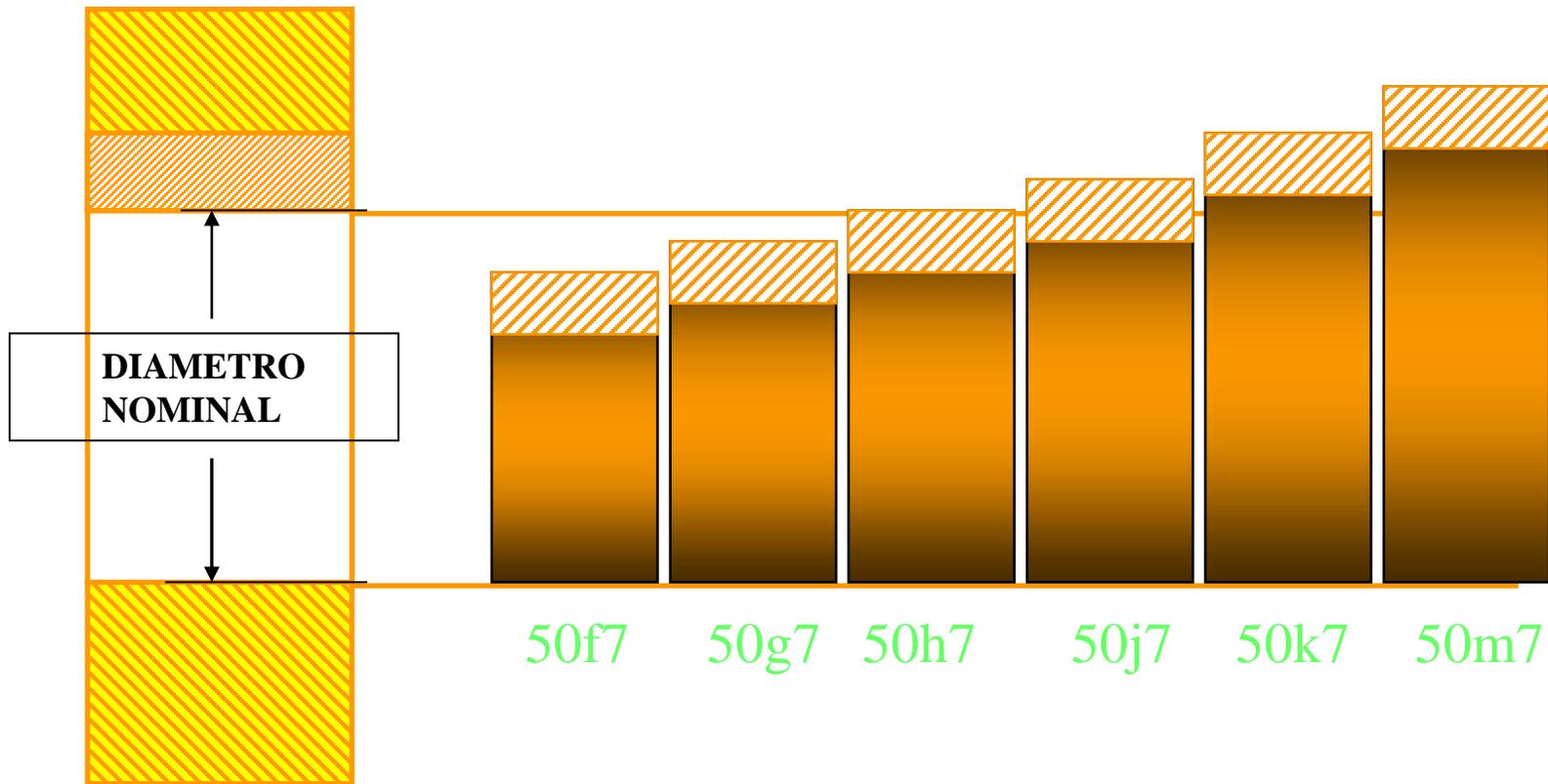
Cuando se quiere montar un rodamiento sobre un eje. Donde el Di del rodamiento es la referencia y mecanizo el eje para el ajuste de ambas piezas.

Sistema Eje Único

Se toma como referencia la pieza macho

Cuando se quiere montar una chaveta sobre un chavetero. Donde ajusto el chavetero para luego colocar la chaveta.

SISTEMA DE AGUJERO UNICO

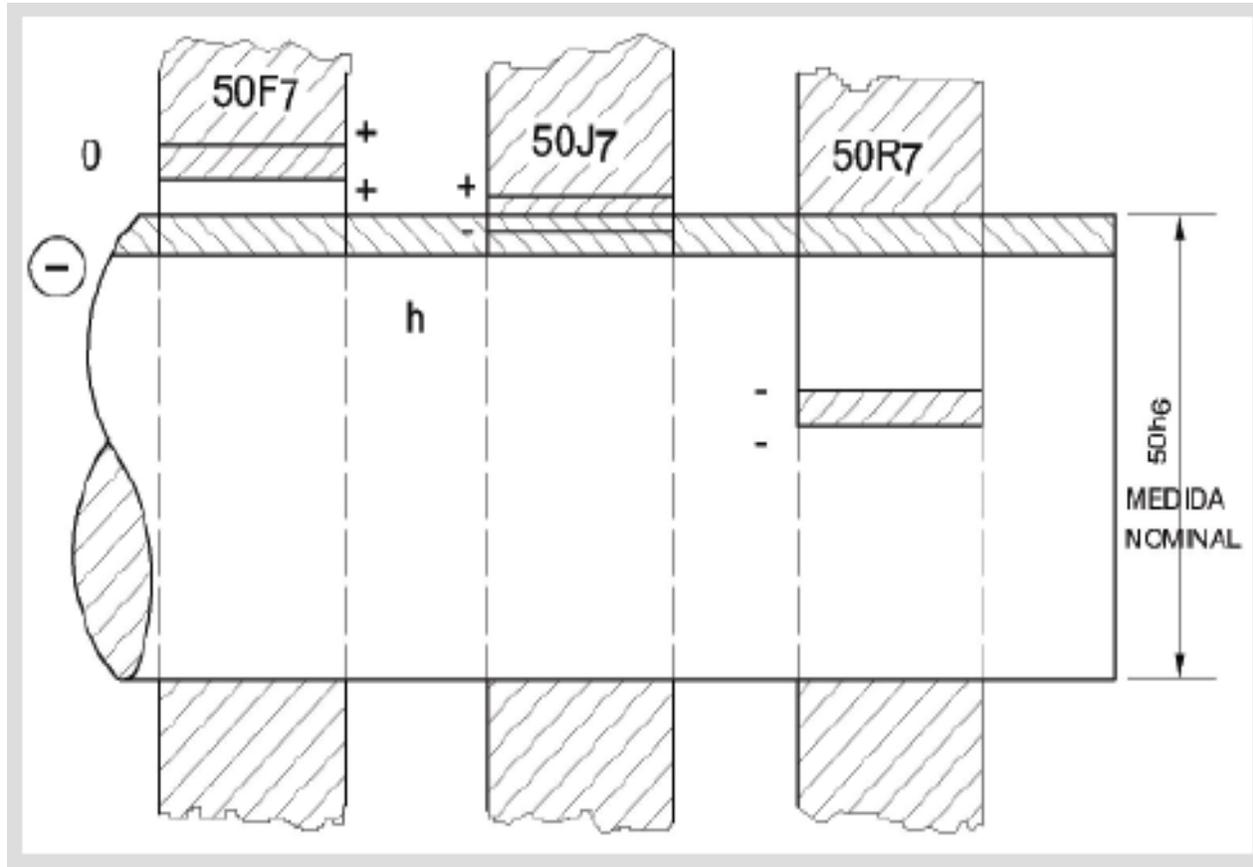


SISTEMA DE AGUJERO ÚNICO

La letra que lleva la pieza hembra es la letra H donde ubica la posición de la tolerancia del agujero y los diferentes ajustes se hacen por la variación de la ubicación de la pieza macho.

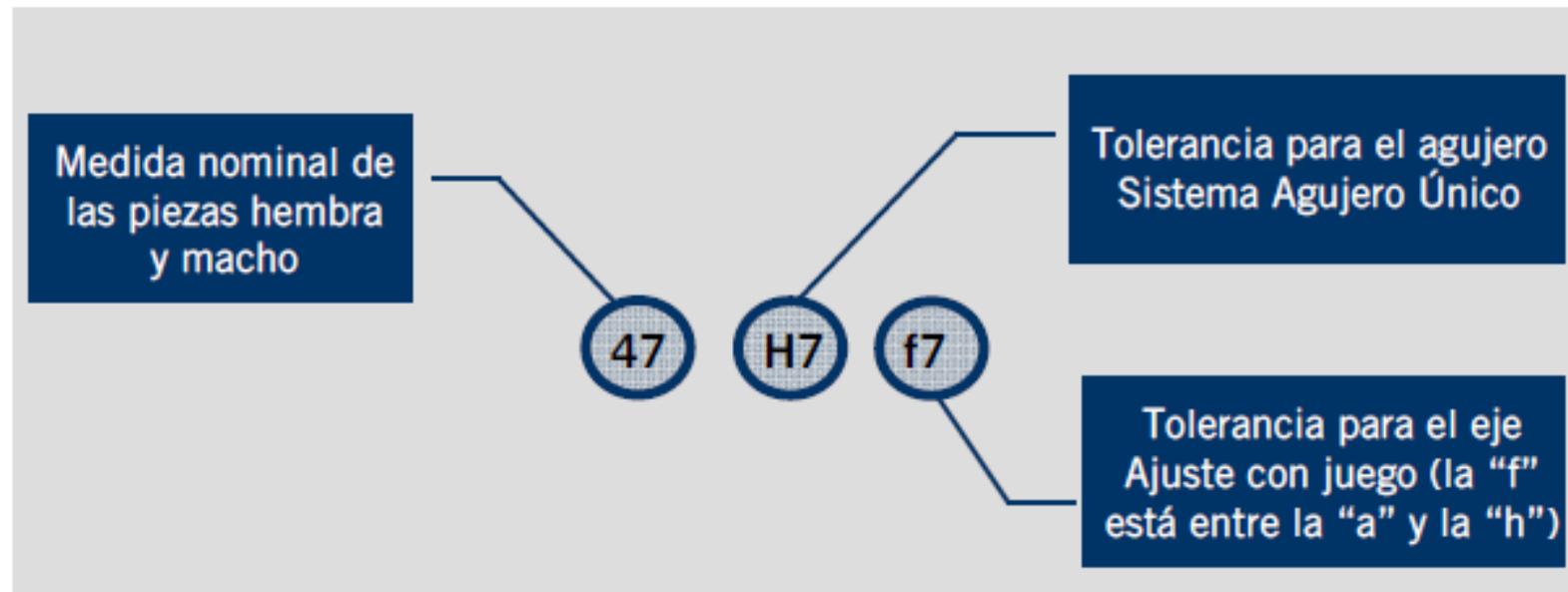
SISTEMA DE EJE ÚNICO

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.



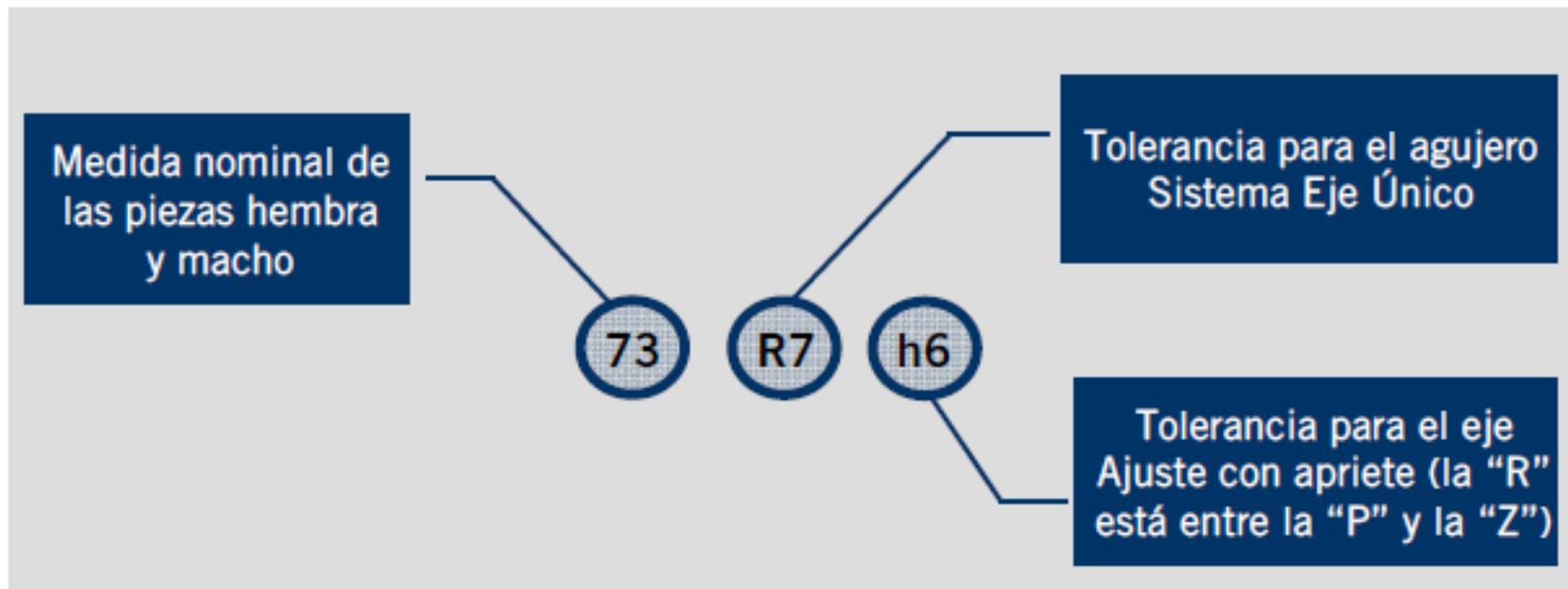
REPRESENTACIÓN DE LOS AJUSTES

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



REPRESENTACIÓN DE LOS AJUSTES

En los planos o croquis los ajustes se representan de la siguiente manera: 47 R7 h6. Eje único

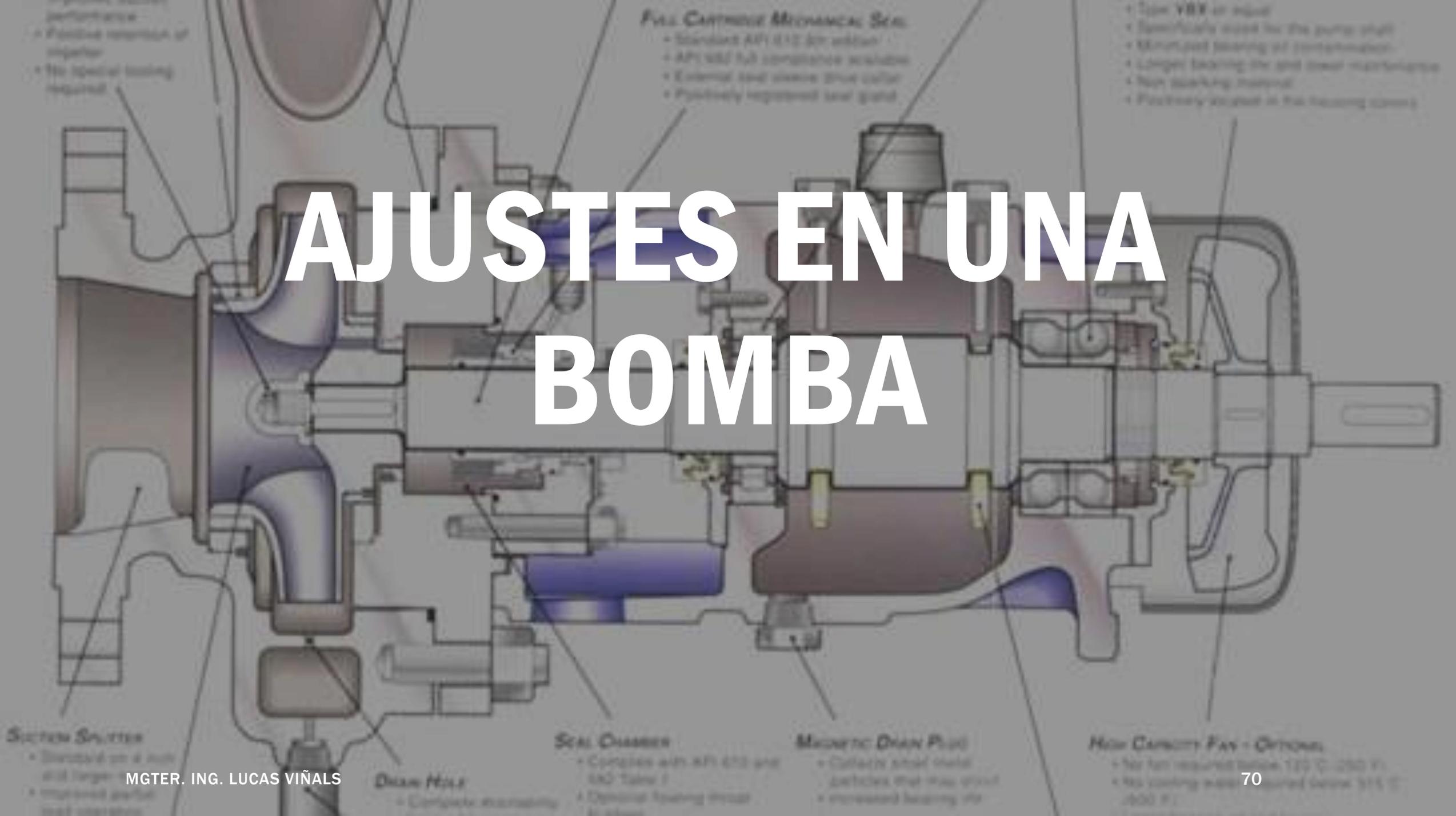


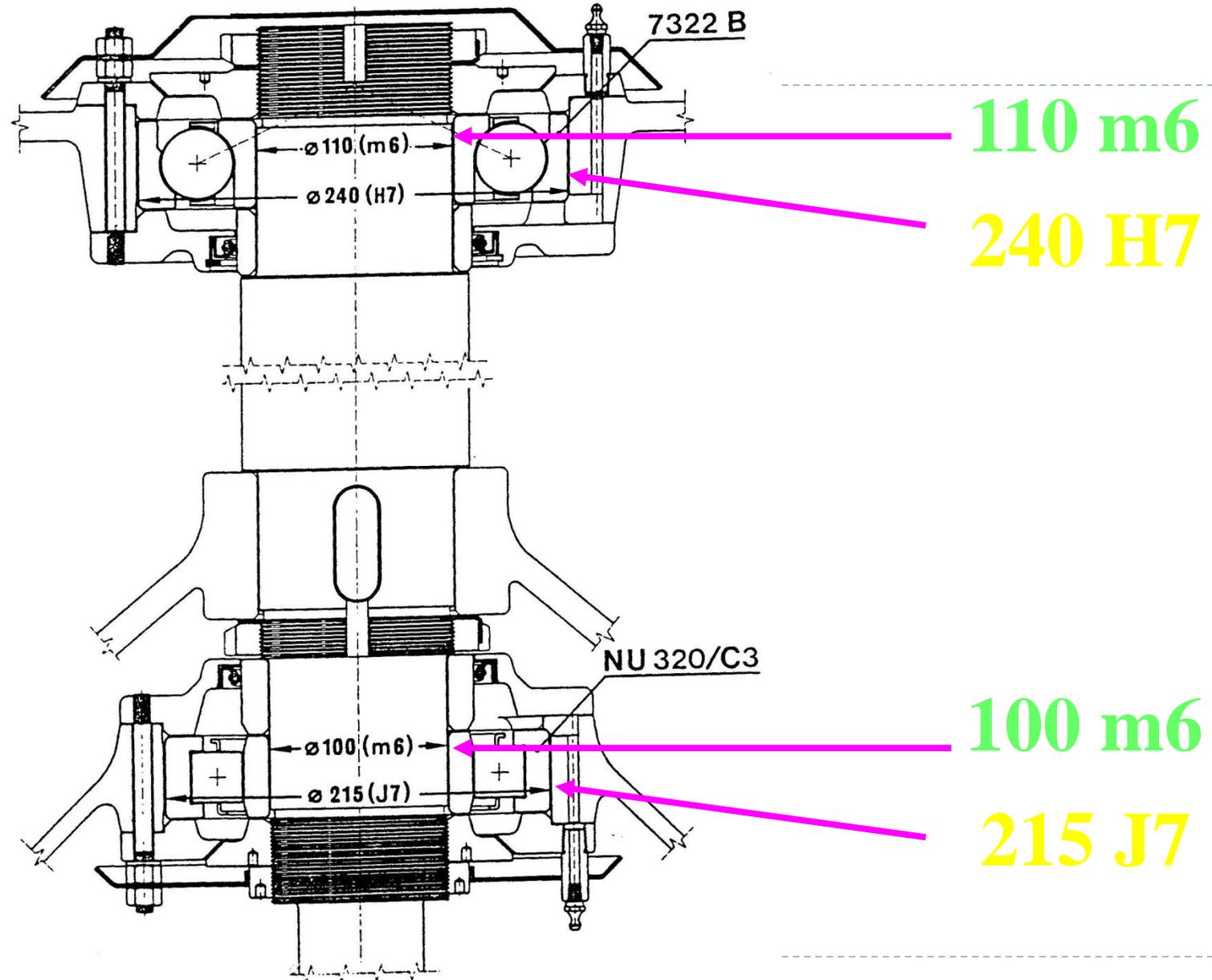
REPRESENTACIÓN DE LOS AJUSTES

Resumen

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

AJUSTES EN UNA BOMBA





EJEMPLO

Un ajuste 60 H7 / g6 :

Sistema de Agujero único.

La cota nominal es de 60 mm en el agujero y eje.

◦ El agujero tiene un ajuste H7 con lo cual sus tolerancias serán:

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* 0,000	+ 0,006 - 0,001*	+ 0,000 - 0,007*	- 0,003 - 0,010*	- 0,007 - 0,016*	- 0,014 - 0,028*	- 0,020 - 0,045*
Más de 3 a 6	+ 0,012* 0,000	+ 0,007 - 0,001*	0,000 - 0,008*	- 0,004 - 0,012*	- 0,010 - 0,022*	- 0,020 - 0,038*	- 0,030 - 0,060*
Más de 6 a 10	+ 0,015* 0,000	+ 0,007 - 0,002*	0,000 - 0,009*	- 0,005 - 0,014*	- 0,013 - 0,028*	- 0,025 - 0,047*	0,040 - 0,076*
Más de 10 a 18	+ 0,018* 0,000	+ 0,008 - 0,003*	0,000 - 0,011*	- 0,006 - 0,017*	- 0,016 - 0,034*	- 0,032 - 0,059*	- 0,050 - 0,093*
Más de 18 a 30	+ 0,021* 0,000	+ 0,009 - 0,004*	0,000 - 0,013*	- 0,007 - 0,020*	- 0,020 - 0,041*	- 0,040 - 0,073*	- 0,065 - 0,117*
Más de 30 a 40	+ 0,025* 0,000	+ 0,011 - 0,005*	0,000 - 0,016*	- 0,009 - 0,025*	- 0,025 - 0,050*	- 0,050 - 0,089*	- 0,080 - 0,142*
Más de 40 a 50	+ 0,030* 0,000	+ 0,012 - 0,007*	0,000 - 0,019*	- 0,010 - 0,029*	- 0,030 - 0,060*	- 0,060 - 0,106*	- 0,100 - 0,174*
Más de 50 a 65	+ 0,035* 0,000	+ 0,013 - 0,009*	0,000 - 0,022*	- 0,012 - 0,034*	- 0,037 - 0,071*	- 0,072 - 0,126*	- 0,120 - 0,207*
Más de 65 a 80	+ 0,040* 0,000	+ 0,014 - 0,011*	0,000 - 0,025*	- 0,014 - 0,039*	- 0,043 - 0,083*	- 0,085 - 0,148*	- 0,145 - 0,245*
Más de 80 a 100							
Más de 100 a 120							
Más de 120 a 140							
Más de 140 a 160							
Más de 160 a 180							

EJEMPLO

De tabla para 60mm

- **El agujero tiene un ajuste H7 con lo cual sus tolerancias serán: +0,03 – 0,00**

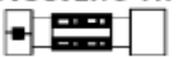
60H7 = 60 0/0,03

Cota Min.= 60 mm

Cota Máx.= 60,03 mm.

AGUJERO ÚNICO
DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIÁMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H7  No pasa - pasa	EJES 					
		NO PASA	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							
Más de 160 a 180	0,000	- 0,011*	- 0,025*	- 0,039*	- 0,083*	- 0,148*	- 0,245*

EJEMPLO

De tabla para 60mm

- El eje tiene un ajuste de g6 con lo cual sus tolerancias serán:

$$60g6 = 60 -0,010/-0,029$$

$$\text{Cota Max.} = 59,990 \text{ mm}$$

$$\text{Cota Min.} = 59,971 \text{ mm.}$$

EJEMPLO

Juego Máximo y Juego mínimo

60H7 = 60 0/0,03

Cota Min.= 60 mm

Cota Máx.= 60,03 mm.

60g6 = 60 -0,010/-0,029

Cota Max.= 59,990 mm

Cota Min.= 59,971 mm.

Juego Máximo: 0,059mm

Juego Mínimo: 0,001mm

ANEXOS

GRADO DE LA TOLERANCIA

Basic size mm		Tolerance μ															
		IT tolerance grade															
above	up to incl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140			
(1)	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
(3)	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
(6)	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
(10)	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
(18)	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
(30)	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
(50)	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
(80)	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
(120)	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
(180)	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
(250)	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
(315)	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
(400)	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
(500)	630						44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400
(630)	800						50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000
(800)	1000						56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600
(1000)	1250						66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600
(1250)	1600						78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800
(1600)	2000						92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200
(2000)	2500						110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000
(2500)	3150						135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500

TOLERANCIAS PARA EJES

REF: ISO R 286 - 1962)
 es - upper deviation ei - lower deviation
 Commonly used fits - General purposes - Condensed
 Values of deviations in microns - One micron equals 0.001 mm

"Run & Slide" Tolerances

SYMBOLS	LETTER GRADE	d										e					f					
		5-11	5	6	7	8	9	10	11	5-9	5	6	7	8	9	4-9	4	5	6	7	8	9
Diameter steps mm	es	ei										es					ei					
	≤3	-20	-24	-26	-30	-34	-45	-60	-80	-14	-18	-20	-24	-28	-39	-6	-9	-10	-12	-16	-20	-31
	>3 - 6	-30	-35	-38	-42	-48	-60	-78	-105	-20	-25	-28	-32	-38	-50	-10	-14	-15	-18	-22	-28	-40
	>6 - 10	-40	-46	-49	-55	-62	-76	-98	-130	-25	-31	-34	-40	-47	-61	-13	-17	-19	-22	-28	-35	-49
	>10 - 18	-50	-58	-61	-68	-77	-93	-120	-160	-32	-40	-43	-50	-59	-75	-16	-20	-24	-27	-34	-43	-59
	>18 - 30	-65	-74	-78	-86	-98	-117	-149	-195	-40	-49	-53	-61	-73	-92	-20	-26	-29	-33	-41	-53	-72
	>30 - 50	-80	-91	-96	-105	-119	-142	-180	-240	-50	-61	-66	-75	-89	-112	-25	-32	-36	-41	-50	-64	-87
>50 - 80	-100	-113	-119	-130	-146	-174	-220	-290	-60	-73	-79	-90	-106	-134	-30	-38	-43	-49	-60	-76	-104	
>80 - 120	-120	-135	-142	-155	-174	-207	-260	-340	-72	-87	-94	-107	-126	-159	-36	-46	-51	-58	-71	-90	-123	
>120 - 180	-145	-163	-170	-185	-208	-245	-305	-395	-85	-103	-110	-125	-148	-185	-43	-55	-61	-68	-83	-106	-143	

"Location Fit" Tolerances

SYMBOLS	LETTER GRADE	g					h												j		js			
		4-7	4	5	6	7	1-16	4	5	6	7	8	9	10	11	12	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei
Diameter steps mm	es	ei					es												ei		ei			
	≤3	-2	-5	-6	-8	-12	0	-3	-4	-6	-10	-14	-25	-40	-60	-100	4	-2	1.5	-1.5	3	-3		
	>3 - 6	-4	-8	-9	-12	-16	0	-4	-5	-8	-12	-18	-30	-48	-75	-120	6	-2	2	-2	4	-4		
	>6 - 10	-5	-9	-11	-14	-20	0	-4	-6	-9	-15	-22	-36	-58	-90	-150	7	-2	2	-2	4.5	-4.5		
	>10 - 18	-6	-11	-14	-17	-24	0	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180	8	-3	2.5	-2.5	5.5	-5.5		
	>18 - 30	-7	-13	-16	-20	-28	0	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210	9	-4	3	-3	6.5	-6.5		
	>30 - 50	-9	-16	-20	-25	-34	0	-7	-11	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250	11	-5	3.5	-3.5	8	-8		
>50 - 80	-10	-18	-23	-29	-40	0	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300	12	-7	4	-4	9.5	-9.5			
>80 - 120	-12	-22	-27	-34	-47	0	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	13	-9	5	-5	11	-11			
>120 - 180	-14	-26	-32	-39	-54	0	-12	-18	-26	-40	-63	-100	-160	-250	-400	14	-11	6	-6	12.5	-12.5			

"Force Fit" Tolerances

SYMBOLS	LETTER GRADE	js						k					m				n			p		
		8		10		12		4	5	6	7	4-7	4	5	6	7	4-7	4	6	4-7	6	4-7
Diameter steps mm	es	ei						es					ei				es			ei		
	≤3	7	7	20	-20	50	-50	3	4	6	10	0	5	6	8	-	2	7	10	4	12	6
	>3 - 6	9	-9	24	-24	60	-60	5	6	9	13	1	8	9	12	16	4	12	16	8	20	12
	>6 - 10	11	-11	29	-29	75	-75	5	7	10	16	1	10	12	15	21	6	14	19	10	24	15
	>10 - 18	13.5	-13.5	35	-35	90	-90	6	9	12	19	1	12	15	18	25	7	17	23	12	9	18
	>18 - 30	16.5	-16.5	42	-42	105	-105	8	11	15	23	2	14	17	21	29	8	21	28	15	35	22
	>30 - 50	19.5	-19.5	50	-50	125	-125	9	13	18	27	2	16	20	25	34	9	24	33	17	42	26
>50 - 80	23	-23	60	-60	150	-150	10	15	21	32	2	19	24	30	41	11	28	39	20	51	32	
>80 - 120	27	-27	70	-70	175	-175	11	16	23	36	3	23	28	35	48	13	33	45	23	59	37	
>120 - 180	31.5	-31.5	80	-80	200	-200	15	21	28	43	3	27	33	40	55	15	39	52	27	68	43	

TOLERANCIAS PARA AGUJEROS

Ref: ISO R 286 - 1962
 ES - upper deviation EI - lower deviation
 Commonly used fits - General purposes - Condensed
 Values of deviations in microns - One micron equals 0.001 mm

"Run & Slide" Tolerances

SYMBOLS	LETTER GRADE	D										E					F				
		6	7	8	9	10	11	6-11	5	6	7	8	9	10	5-10	5	6	7	8	9	5-9
Diameter steps mm	<3	26	30	34	45	60	80	20	18	20	24	28	39	54	14	10	12	16	20	31	6
	>3 - 6	38	42	48	60	78	105	30	25	28	32	38	50	68	20	15	18	22	28	40	10
	>6 - 10	49	55	62	76	98	130	40	31	34	40	47	61	83	25	19	22	28	35	49	13
	>10 - 18	61	68	77	93	120	160	50	40	43	50	59	75	102	32	24	27	34	43	59	16
	>18 - 30	78	86	98	117	149	195	65	49	53	61	73	92	124	40	29	33	41	53	72	20
	>30 - 50	96	105	119	142	180	240	80	61	66	75	89	112	150	50	36	41	50	64	87	25
	>50 - 80	119	130	146	174	220	290	100	73	79	90	106	134	180	60	43	49	60	76	104	30
>80 - 120	142	155	174	207	260	340	120	87	91	107	126	159	212	72	51	58	71	90	123	38	
>120 - 180	170	185	208	245	305	395	145	103	110	125	148	185	245	85	61	68	83	106	143	43	

"Location Fit" Tolerances

SYMBOLS	LETTER GRADE	G				H								J		JS						
		5	6	7	5-7	4	5	6	7	8	9	10	11	1-16	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI
Diameter steps mm	<3	6	8	12	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0	2	-4	1.5	-1.5	7	-7	50	-50
	>3 - 6	9	12	16	4	4	5	8	12	18	30	48	75	0	5	-3	2	-2	9	-9	60	-60
	>6 - 10	11	14	20	5	4	6	9	15	22	36	58	90	0	5	-4	2	-2	11	-11	75	-75
	>10 - 18	14	17	24	6	5	8	11	18	27	43	70	110	0	6	-5	2.5	-2.5	13.5	-13.5	90	-90
	>18 - 30	16	20	28	7	6	9	13	21	33	52	84	130	0	8	-5	3	-3	16.5	-16.5	105	-105
	>30 - 50	20	25	34	9	7	11	16	25	39	62	100	160	0	10	-6	3.5	-3.5	19.5	-19.5	125	-125
	>50 - 80	23	29	40	10	8	13	19	30	46	74	120	190	0	13	-6	4	-4	23	-23	150	-150
>80 - 120	27	34	47	12	10	15	22	35	54	87	140	220	0	16	-6	5	-5	27	-27	175	-175	
>120 - 180	32	39	54	14	12	18	25	40	63	100	160	250	0	18	-7	6	-6	31.5	-31.5	200	-200	

"Force Fit" Tolerances

SYMBOLS	LETTER GRADE	K						M						N						P			
		ES	5	EI	ES	6	EI	ES	7	EI	ES	8	EI	ES	5	EI	ES	6	EI	ES	8	EI	ES
Diameter steps mm	<3	0	-4	0	-6	0	-10	0	-14	-2	-6	-2	-8	-	-	4	8	4	10	4	18	6	12
	>3 - 6	0	-5	2	-6	3	-9	5	-13	-3	-8	-1	-9	2	-16	7	12	5	13	2	20	9	17
	>6 - 10	1	-5	2	-7	5	-10	6	-16	-4	-10	-3	-12	1	-21	8	14	7	16	3	25	12	21
	>10 - 18	2	-6	2	-9	6	-12	8	-19	-4	-12	-4	-15	2	-25	9	17	9	20	3	30	15	26
	>18 - 30	1	-8	2	-11	6	-15	10	-23	-5	-14	-4	-17	4	-29	12	21	11	24	3	36	18	31
	>30 - 50	2	-9	3	-13	7	-18	12	-27	-5	-16	-4	-20	5	-34	13	24	12	28	3	42	21	37
	>50 - 80	3	-10	4	-15	9	-21	14	-32	-6	-19	-5	-24	5	-41	15	28	14	33	4	50	26	45
>80 - 120	2	-13	4	-18	10	-25	16	-38	-8	-23	-6	-28	6	-48	18	33	16	38	4	58	30	52	
>120 - 180	3	-15	4	-21	12	-28	20	-43	-9	-27	-8	-33	8	-55	21	39	20	45	4	67	36	61	

BIBLIOGRAFÍA

Groover

- Pag 79 a 87
- Pag 989 a 1011

Gonzales – Vazquez

- Pag 41 a 44
- 53 a 66





FIN

Muchas Gracias!!!