



# Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica

## Expresión Gráfica en la Ingeniería

### INGENIERÍA GRÁFICA

#### 3. INFORMACIÓN TÉCNICA.

##### 3.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias.

###### 3.1.1 Conceptos Generales de Tolerancias.

###### 3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

###### **3.1.3 Tolerancias Geométricas.**

###### 3.1.4 Operaciones con Cotas.

###### 3.1.5 Principio de Máximo Material.

###### 3.1.6 Acotación Funcional.

###### 3.1.7 Tolerancias Generales.



POLITÉCNICA

*Ingeniamos el futuro*

Javier Pérez Álvarez  
José Luis Pérez Benedito  
Santiago Poveda Martínez



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

<b>Conceptos Generales.....</b>	<b>3</b>
<b>Tipos de Tolerancias Geométricas (Símbolos).....</b>	<b>4</b>
<b>Tipos de Tolerancias Geométricas (Símbolos adicionales).....</b>	<b>5</b>
<b>Indicación Normalizada de la Tolerancia Geométrica.....</b>	<b>6</b>
<b>Cota Teóricamente Exacta.....</b>	<b>11</b>
<b>Definición de Tolerancias Geométricas.....</b>	<b>12</b>
<b>Relación entre Tolerancia Geométrica y Tolerancia Dimensional.....</b>	<b>27</b>
<b>Combinación de Tolerancias Dimensionales y de Posición .....</b>	<b>28</b>



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Conceptos Generales.

Los límites de una pieza determinados por las tolerancias dimensionales pueden comportar errores de forma no admisibles para el funcionamiento correcto de las piezas.

Para delimitar los posibles errores de la geometría, se utilizan las tolerancias de forma o geométricas aplicables a los distintos elementos constitutivos de una pieza. La norma UNE 1-121-91 establece las definiciones, símbolos e indicaciones utilizadas para los dibujos y resumidas a continuación.



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Tipos de Tolerancias Geométricas (Símbolos).

- Forma (figura 4.1).
- Orientación (figura 4.2).
- Situación (figura 4.2).
- Oscilación (figura 4.2).

Elementos y Tipo de tolerancia		Características	Símbolo
Elementos simples	Forma	Rectitud	—
		Planicidad	□
		Redondez	○
		Cilindricidad	⊘
		Forma de una línea	⤿
Elementos simples o asociados		Forma de una superficie	⤿

Figura 4.1 T. G. de forma

Elementos asociados	Orientación	Paralelismo	∥
		Perpendicularidad	⊥
		Inclinación	∠
	Situación	Posición	⊕
		Concentricidad/ Coaxialidad	◎
		Simetría	≡
		Oscilación	Circular
	Total		↗↘

Figura 4.2 T. G. de Posición



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Tipos de Tolerancias Geométricas (Símbolos adicionales).

Los símbolos de tolerancias se acompañan con unos adicionales que se utilizan para la indicación de la zona controlada o para información asociada a la tolerancia y a la zona controlada (figura 4.3)

		Símbolos adicionales
Descripción		Símbolo
Indicación del elemento controlado	Directamente	
	Con letra	
Indicación de la referencia	Directamente	
	Con letra	
Indicación de referencia parcial		
Cota teóricamente exacta		
Zona de tolerancia proyectada		
Condición de máximo material		

Figura 4.3 Símbolos adicionales



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Indicación Normalizada de la Tolerancia Geométrica.

##### Rectángulo de Tolerancia.

La indicación de tolerancia geométrica se realiza por medio de un rectángulo donde se sitúa por orden el tipo de tolerancia, el valor de la tolerancia y la referencia o referencias (figura 4.4). Al cuadro de tolerancia se le puede añadir información asociada (figura 4.5).

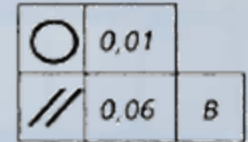
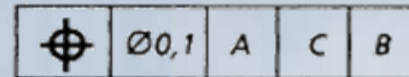
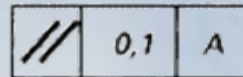
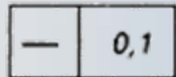


Figura 4.4 Rectángulo de tolerancia

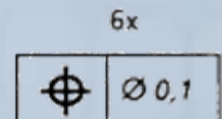
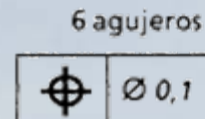
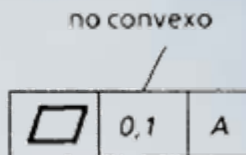
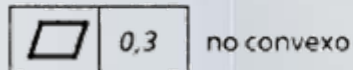


Figura 4.5 Rectángulo de tolerancia



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Indicación Normalizada de la Tolerancia Geométrica.

##### Elemento Controlado.

La indicación sobre el elemento controlado puede realizarse:

- Sobre el contorno del elemento (figura 4.6).
- Sobre la prolongación de una cota si se refiere al eje o plano de simetría del elemento (figura 4.7).



Figura 4.6 Contorno de elemento

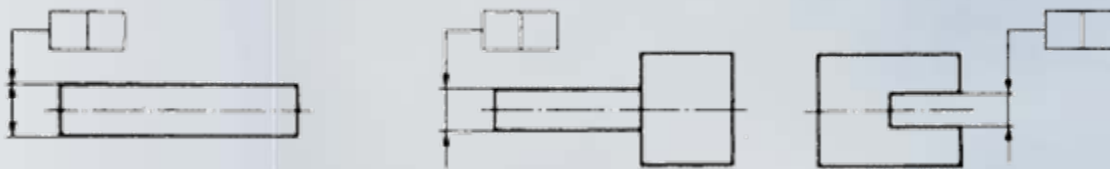


Figura 4.7 Sobre cota



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Indicación Normalizada de la Tolerancia Geométrica.

##### Elemento Controlado.

La indicación sobre el elemento controlado puede realizarse:

- Sobre el eje, si se refiere al eje o plano de simetría de todos los elementos con eje común (figura 4.8).

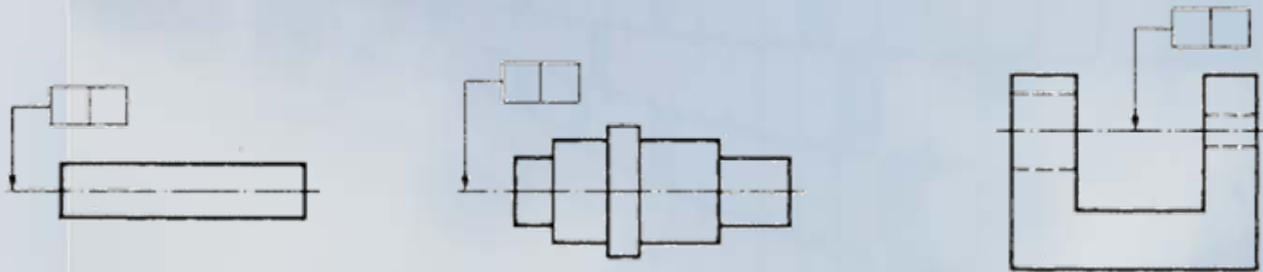


Figura 4.8 Sobre eje





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Indicación Normalizada de la Tolerancia Geométrica.

##### Elemento de Referencia.

La indicación sobre el elemento de referencia puede realizarse:

- Sobre el contorno del elemento (figura 4.9).
- Sobre la prolongación de una cota si se refiere al eje o plano de simetría (figura 4.10).

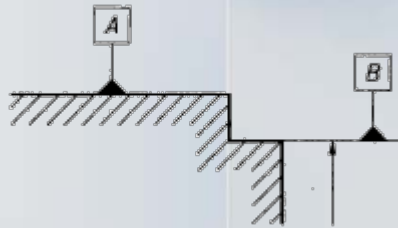


Figura 4.9 Sobre contorno

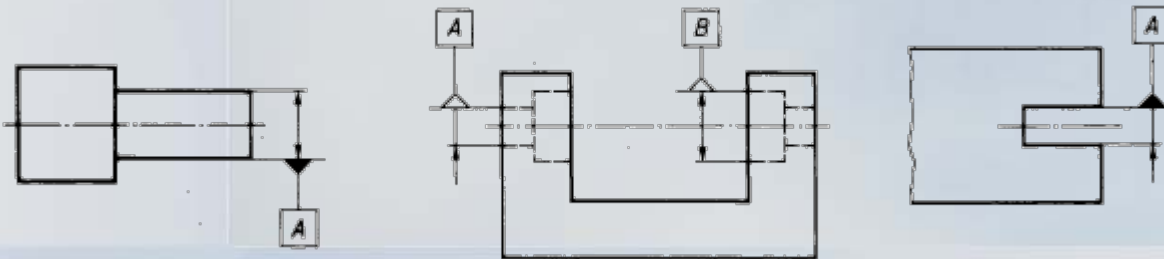


Figura 4.10 Sobre cota



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Indicación Normalizada de la Tolerancia Geométrica.

##### Elemento de Referencia.

La indicación sobre el elemento de referencia puede realizarse:

- Sobre el eje, si se refiere al eje o plano de simetría de todos los elementos con eje común (figura 4.11).
- Referencia directa (figura 4.12).

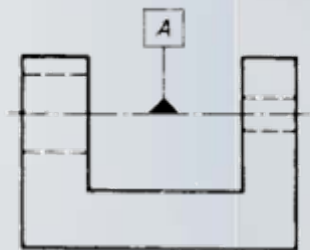


Figura 4.11 Sobre eje

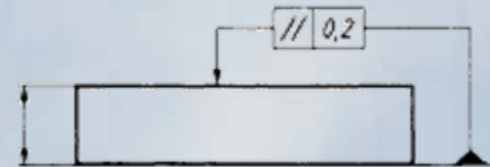
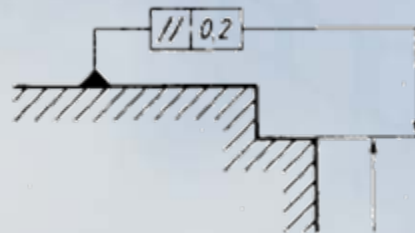


Figura 4.12 Indicación directa



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Cota Teóricamente Exacta.

##### Definición.

Las cotas afectadas por la tolerancia geométrica **NO** deben ser objeto de tolerancia dimensional.

Tales dimensiones se colocan dentro de un cuadro. La medida correspondiente están sujetas solamente a la tolerancia geométrica correspondiente (figura 4.13).

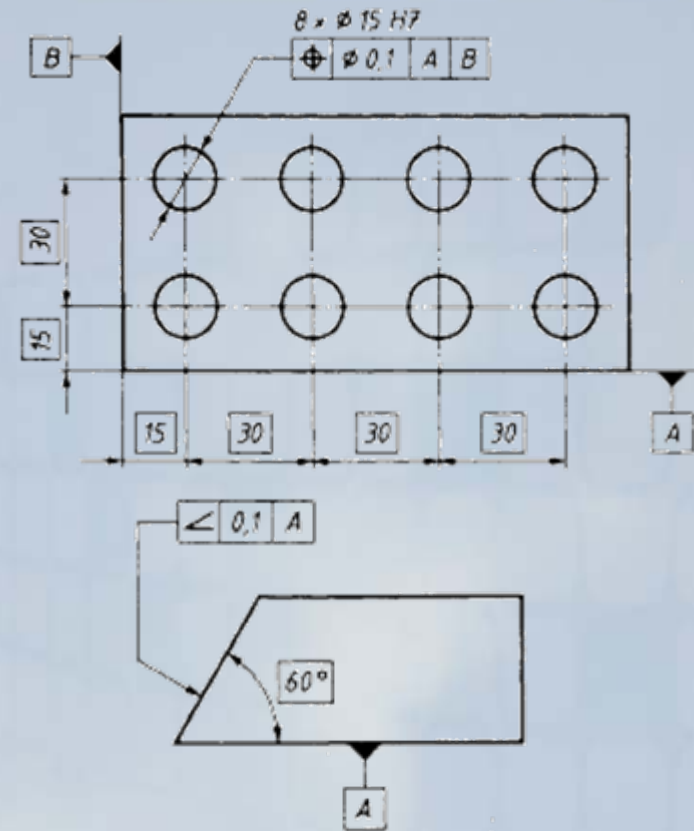


Figura 4.13 Cota teóricamente exacta



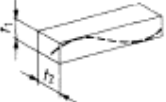

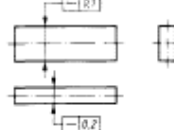






# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

14 DEFINICIONES DETALLADAS DE LAS TOLERANCIAS		Medidas en milímetros
Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
—	<p><b>14.1 Tolerancia de rectitud</b></p> <p>Al proyectar la zona de tolerancia sobre un plano, queda limitada por dos rectas paralelas separadas una distancia <math>t</math>.</p>  <p>Figura 54</p>	 <p>Figura 55</p> <p>Cualquier línea de la superficie superior, paralela al plano de proyección en el que la indicación está colocada, deberá estar contenida entre dos rectas paralelas separadas 0,1.</p>
	 <p>Figura 57</p> <p>La zona de tolerancia es un paralelepípedo de sección <math>t_1</math> x <math>t_2</math>, si la tolerancia viene especificada en dos direcciones perpendiculares entre sí.</p>	 <p>Figura 56</p> <p>Cualquier trozo de longitud 200 de cualquier generatriz de la superficie cilíndrica señalada por la flecha, deberá estar contenida entre dos rectas paralelas separadas 0,1, en el plano que contiene al eje.</p>  <p>Figura 58</p> <p>El eje del prisma deberá estar dentro de una zona paralelepípedica de altura 0,1 y anchura 0,2.</p>
	 <p>Figura 59</p> <p>La zona de tolerancia es un cilindro de diámetro <math>t</math>, siempre que el valor de la tolerancia venga precedido por el signo <math>\varnothing</math>.</p>	 <p>Figura 60</p> <p>El eje del cilindro, al cual está ligado el rectángulo de tolerancia, deberá estar contenido en una zona de tolerancia cilíndrica de diámetro 0,08.</p>
□	<p><b>14.2 Tolerancia de planicidad</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada por dos planos paralelos separados una distancia <math>t</math>.</p>  <p>Figura 61</p>	 <p>Figura 62</p> <p>La superficie deberá ser inferior al espacio comprendido entre dos planos paralelos separados 0,08.</p>


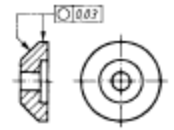
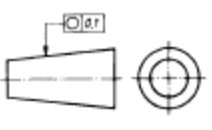
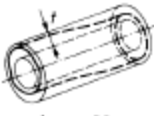
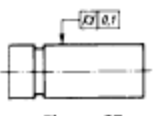




# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación	
○	<b>14.3 Tolerancia de redondez</b> La zona de tolerancia plana, está limitada por dos círculos concéntricos separados una distancia $t$ .	 <p>Figura 63</p>	La circunferencia de cualquier sección ortogonal debe estar contenida entre dos círculos, quedando definida la zona de tolerancia, de valor 0,03, según la dirección de la flecha.  La circunferencia de cualquier sección ortogonal debe estar contenida entre dos círculos concéntricos coplanares separados 0,1.
	 <p>Figura 64</p>		
	 <p>Figura 65</p>		
⌀	<b>14.4 Tolerancia de cilindridad</b> La zona de tolerancia está limitada por dos cilindros coaxiales con una diferencia entre radios $t$ .	 <p>Figura 66</p>	La superficie controlada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales cuyos radios difieren 0,1
	 <p>Figura 67</p>		
⌒	<b>14.5 Tolerancia de forma de una línea</b> La zona de tolerancia está limitada por las dos envolventes de círculos de diámetro $t$ , con sus centros situados sobre una línea que tiene la forma geométrica perfecta.	 <p>Figura 68</p>	En cada sección paralela al plano de proyección, el perfil controlado debe estar contenido entre las dos envolventes de círculos de diámetro 0,04, cuyos centros están situados sobre un perfil geométricamente perfecto.
	 <p>Figura 69</p>		



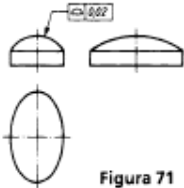
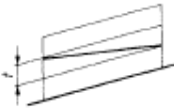
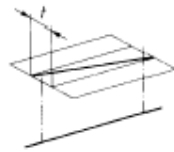
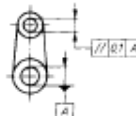
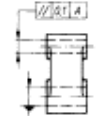
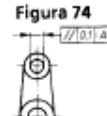


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<p><b>14.6 Tolerancia de forma de una superficie</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada por las dos superficies envolventes de esferas de diámetro <math>t</math>, con sus centros situados sobre una superficie de forma geométrica perfecta.</p>  <p style="text-align: center;">Esfera <math>\varnothing t</math></p> <p style="text-align: center;">Figura 70</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 71</p> <p>La superficie controlada debe estar contenida entre las dos superficies envolventes de esferas de diámetro 0,02, cuyos centros están situados sobre una superficie geoméricamente perfecta.</p>
	<p><b>14.7 Tolerancia de paralelismo</b></p> <p><b>14.7.1 Tolerancia de paralelismo de recta respecto a otra recta de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia, una vez proyectada sobre un plano, está limitada por dos rectas paralelas entre sí y a la recta de referencia, separadas una distancia <math>t</math>, cuando la zona de tolerancia viene definida únicamente en una dirección.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 72</p>  <p style="text-align: center;">Figura 75</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 73</p>  <p style="text-align: center;">Figura 74</p>  <p style="text-align: center;">Figura 76</p> <p>El eje controlado debe estar contenido entre dos rectas separadas 0,1 en dirección vertical, paralelas al eje de referencia A. (Véanse las figuras 73 ó 74)</p> <p>El eje controlado debe estar contenido entre dos rectas separadas 0,1 en dirección horizontal, paralelas al eje de referencia A.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>


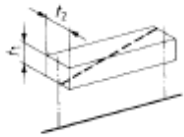
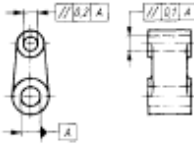
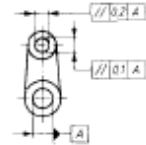
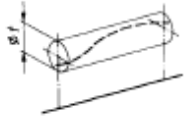
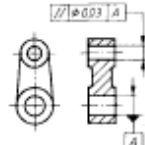


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<p><b>14.7.1 Tolerancia de paralelismo de recta respecto a otra recta de referencia (Fin)</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada por un paralelepípedo de sección <math>f_1 \times f_2</math>, paralelo a la línea de referencia, si la tolerancia se especifica en dos planos perpendiculares entre sí.</p>	<p>El eje controlado debe estar dentro de un paralelepípedo de base 0,2 (horizontal) x 0,1 (vertical) y de altura paralela al eje de referencia A. (Véanse las figuras 78 ó 79).</p>
	 <p>Figura 77</p>	 <p>Figura 78</p>
		 <p>Figura 79</p>
	<p>La zona de tolerancia está limitada por un cilindro de diámetro <math>t</math>, de eje paralelo a la recta de referencia, cuando el valor de la tolerancia viene precedido por el signo <math>\varnothing</math>.</p>	<p>El eje controlado deberá ser interior a un cilindro de diámetro 0,03 y eje paralelo al eje de referencia A (recta de referencia).</p>
 <p>Figura 80</p>	 <p>Figura 81</p>	

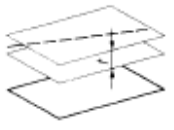
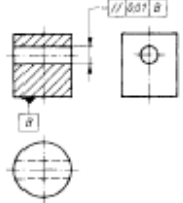
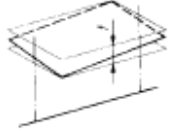
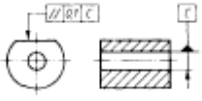


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
//	<p><b>14.7.2 Tolerancia de paralelismo de recta respecto a un plano de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos entre sí y al plano de referencia, separados una distancia <math>t</math>.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 82</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 83</p> <p>El eje del agujero debe estar contenido entre dos planos separados 0,01 y paralelos al plano de referencia B.</p>
	<p><b>14.7.3 Tolerancia de paralelismo de un plano respecto a una recta de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos entre sí y a la recta de referencia, separados una distancia <math>t</math>.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 84</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 85</p> <p>El plano controlado debe estar contenido entre dos planos separados 0,1 y paralelos al eje de referencia C del agujero.</p>



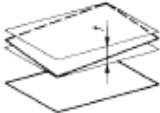
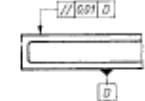


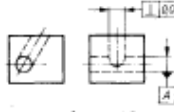
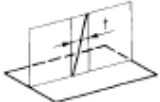
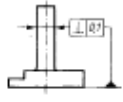


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
//	<p><b>14.7.4 Tolerancia de paralelismo de un plano respecto a otro plano de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos entre sí y al plano de referencia, separados una distancia <math>t</math>.</p>  <p>Figura 86</p>	 <p>Figura 87</p>  <p>Figura 88</p> <p>El plano controlado debe estar contenido entre dos planos separados 0,01 y paralelos al plano de referencia D.</p> <p>Todos los puntos del plano controlado, situados en cualquier posición pero no más separados de 100 unidades, deben estar entre dos planos paralelos entre sí y al plano de referencia A, separados 0,01.</p>
	<p><b>14.8 Tolerancia de perpendicularidad</b></p> <p><b>14.8.1 Tolerancia de perpendicularidad de una recta respecto a otra recta</b></p> <p>La zona de tolerancia, una vez proyectada sobre un plano, está limitada por dos rectas paralelas separadas una distancia <math>t</math> y perpendiculares a la recta de referencia.</p>  <p>Figura 89</p>	 <p>Figura 90</p> <p>El eje del agujero inclinado debe estar contenido entre dos planos paralelos separados 0,06 y perpendiculares al eje del agujero horizontal A (recta de referencia).</p>
⊥	<p><b>14.8.2 Tolerancia de perpendicularidad de una recta con referencia a un plano</b></p> <p>La zona de tolerancia, una vez proyectada sobre un plano, está limitada por dos rectas paralelas separadas una distancia <math>t</math> y perpendiculares al plano de referencia, cuando la tolerancia se especifica únicamente en una dirección.</p>  <p>Figura 91</p>	 <p>Figura 92</p> <p>El eje del cilindro, al cual está ligado el rectángulo de tolerancia, debe estar contenido entre dos planos paralelos separados 0,1 y perpendiculares al plano de referencia.</p>

(Continúa)

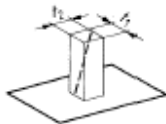
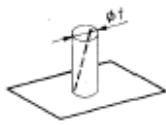
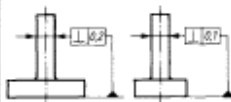
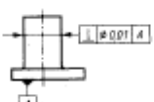

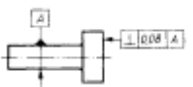
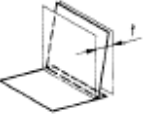
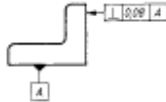


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
⊥	<p><b>14.8.2 Tolerancia de perpendicularidad de una recta con referencia a un plano (Fin)</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada por un paralelepípedo de sección <math>t_1 \times t_2</math>, perpendicular al plano de referencia, si la tolerancia se especifica en dos direcciones perpendiculares entre sí.</p>  <p>Figura 93</p> <p>La zona de tolerancia está limitada por un cilindro de diámetro <math>t</math>, de eje perpendicular al plano de referencia, cuando el valor de la tolerancia viene precedido por el signo <math>\varnothing</math>.</p>  <p>Figura 95</p>	<p>El eje del cilindro debe estar contenido en una zona de tolerancia paralelepípedica, de base <math>0,1 \times 0,2</math> y altura perpendicular al plano de referencia.</p>  <p>Figura 94</p> <p>El eje del cilindro controlado, el superior, deberá ser interior a una zona cilíndrica de diámetro <math>0,01</math> y eje perpendicular al plano de referencia A.</p>  <p>Figura 96</p>
	<p><b>14.8.3 Tolerancia de perpendicularidad de un plano respecto a una recta de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos entre sí, perpendiculares a la recta de referencia y separados una distancia <math>t</math>.</p>  <p>Figura 97</p>	<p>El plano controlado debe estar contenido entre dos planos paralelos separados <math>0,08</math> y perpendiculares al eje A (recta de referencia).</p>  <p>Figura 98</p>
	<p><b>14.8.4 Tolerancia de perpendicularidad de un plano respecto a un plano de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos entre sí, perpendiculares al plano de referencia y separados una distancia <math>t</math>.</p>  <p>Figura 99</p>	<p>El plano controlado debe estar comprendido entre dos planos paralelos separados <math>0,08</math> y perpendiculares al plano horizontal de referencia A.</p>  <p>Figura 100</p>

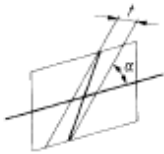
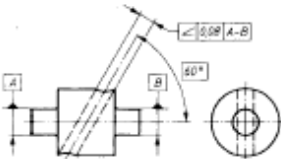

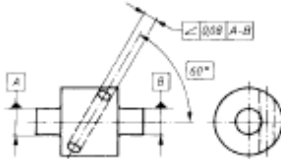
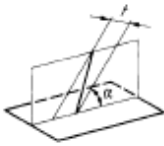
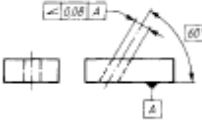


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
<b>14.9 Tolerancia de inclinación</b>		
<b>14.9.1 Tolerancia de inclinación de una recta referida a otra recta</b>		
<p>a)</p>	<p>Recta y recta de referencia coplanarias. La zona de tolerancia, una vez proyectada sobre un plano, está limitada por dos rectas paralelas separadas una distancia <math>t</math> e inclinadas el ángulo especificado respecto a la recta de referencia.</p>  <p>Figura 101</p>	 <p>Figura 102</p> <p>El eje del agujero debe estar contenido entre dos planos paralelos, separados 0,08 e inclinados 60° respecto al eje horizontal A-B (recta de referencia).</p>
<p>b)</p>	<p>Recta y recta de referencia no coplanarias. Cuando las rectas controlada y de referencia no están en el mismo plano, la zona de tolerancia se aplica a la proyección de la recta controlada sobre el plano que contiene a la recta de referencia y es paralelo a la recta controlada.</p>  <p>Figura 103</p>	 <p>Figura 104</p> <p>El eje del agujero, proyectado sobre el plano que contiene al eje de referencia, debe estar contenido entre dos rectas paralelas, separadas 0,08 e inclinadas 60° respecto al eje horizontal A-B (recta de referencia).</p>
<b>14.9.2 Tolerancia de inclinación de una recta respecto a un plano de referencia</b>		
	<p>La zona de tolerancia, una vez proyectada sobre un plano, está limitada por dos rectas paralelas separadas una distancia <math>t</math> e inclinadas el ángulo especificado respecto al plano de referencia.</p>  <p>Figura 105</p>	 <p>Figura 106</p> <p>El eje del agujero debe estar contenido entre dos planos paralelos, separados 0,08 e inclinados 60° respecto al plano A (plano de referencia).</p>



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<p><b>14.9.3 Tolerancia de inclinación de un plano respecto a una recta de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada por dos planos paralelos separados una distancia <math>t</math> e inclinados el ángulo especificado respecto a la recta de referencia.</p> <p>Figura 107</p>	<p>Figura 108</p> <p>El plano inclinado debe estar comprendido entre dos planos paralelos separados 0,1 e inclinados 75° respecto al eje A (recta de referencia).</p>
	<p><b>14.9.4 Tolerancia de inclinación de un plano respecto a un plano de referencia</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada por dos planos paralelos separados una distancia <math>t</math> e inclinados el ángulo especificado respecto al plano de referencia.</p> <p>Figura 109</p>	<p>Figura 110</p> <p>El plano inclinado debe estar comprendido entre dos planos paralelos separados 0,08 e inclinados 40° respecto al plano A (plano de referencia)</p>
	<p><b>14.10 Tolerancia de posición</b></p> <p><b>14.10.1 Tolerancia de posición de un punto</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada por un círculo de diámetro <math>t</math>, cuyo centro está colocado en la posición teórica exacta del punto controlado.</p> <p>Figura 111</p>	<p>Figura 112</p> <p>El punto efectivo de intersección debe ser interior a un círculo de diámetro 0,3, con su centro coincidiendo con la posición teórica exacta del punto de intersección controlado.</p>



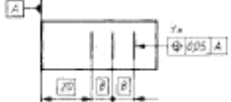
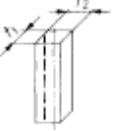
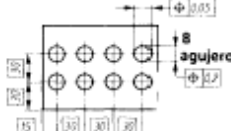

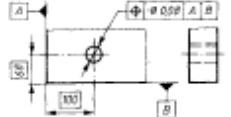
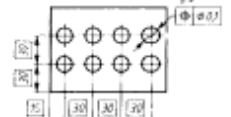


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<b>14.10.2 Tolerancia de posición de una recta</b>	
	<p>La zona de tolerancia está limitada por dos rectas paralelas separadas una distancia <math>t</math> y simétricamente colocadas con respecto a la posición teórica exacta de la recta controlada, cuando la tolerancia se especifica únicamente en una dirección.</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Figura 113</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Figura 114</b></p> </div> </div> <p>Cada una de las tres rectas debe estar contenida entre dos rectas paralelas separadas 0,05, simétricamente colocadas con respecto a la posición teórica exacta de la recta controlada, en relación al plano A (plano de referencia).</p>
	<p>La zona de tolerancia está limitada por un paralelepípedo de sección <math>t_1</math> x <math>t_2</math>, el eje del cual está en la posición teórica exacta de la recta controlada, cuando la tolerancia se especifica en dos direcciones perpendiculares entre sí.</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Figura 115</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Figura 116</b></p> </div> </div> <p>Cada uno de los ejes de los ocho agujeros debe estar dentro de una zona paralelepípedica de base 0,05 (horizontal) x 0,2 (vertical) y cuyo eje coincide con la posición teórica exacta de los ejes de los agujeros controlados.</p>
<p>La zona de tolerancia está limitada por un cilindro de diámetro <math>t</math>, cuyo eje está en la posición teórica exacta de la recta controlada, cuando el valor de la tolerancia viene precedido del signo <math>\varnothing</math>.</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Figura 117</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Figura 118</b></p> </div> </div> <p>El eje del agujero debe estar contenido dentro de una zona cilíndrica de diámetro 0,08, cuyo eje está en la posición teórica exacta de la recta controlada, con relación a los planos A y B (planos de referencia).</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Figura 119</b></p> </div> </div> <p>Cada uno de los ejes de los ocho agujeros debe estar dentro de una zona cilíndrica de diámetro 0,1, cuyo eje coincide con la posición teórica exacta de los ejes de los agujeros controlados.</p>	


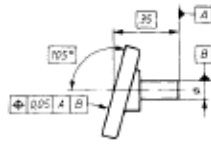
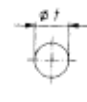


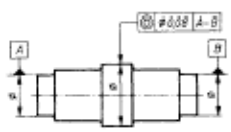


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
⊕	<b>14.10.3 Tolerancia de posición de un plano o un plano de simetría</b>  La zona de tolerancia está limitada por dos planos paralelos, separados una distancia $t$ y colocados simétricamente con respecto a la posición teórica exacta del plano controlado.  <p style="text-align: center;">Figura 120</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 121</p> <p>El plano inclinado debe estar entre dos planos paralelos, separados 0,05 y colocados simétricamente respecto a la posición teórica exacta del plano controlado con relación al plano A (plano de referencia) y al eje del cilindro de referencia B (recta de referencia).</p>
	<b>14.11 Tolerancia de concentricidad y coaxialidad</b>  <b>14.11.1 Tolerancia de concentricidad de un punto</b>  La zona de tolerancia está limitada por un círculo de diámetro $t$ , cuyo centro coincide con el punto de referencia.  <p style="text-align: center;">Figura 122</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 123</p> <p>El centro del círculo, ligado al rectángulo de tolerancia, debe estar dentro de un círculo de diámetro 0,01 concéntrico con el círculo de referencia A.</p>
⊙	<b>14.11.2 Tolerancia de</b>  La zona de tolerancia está limitada por un cilindro de diámetro $t$ , cuyo eje coincide con el eje de referencia, cuando el valor de la tolerancia viene precedido del signo $\emptyset$ .  <p style="text-align: center;">Figura 124</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 125</p> <p>El eje del cilindro, ligado al rectángulo de tolerancia, debe estar dentro de una zona cilíndrica de diámetro 0,08, coaxial con el eje de referencia A-B.</p>

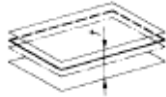
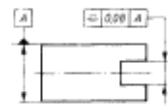

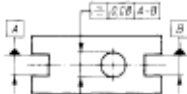
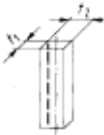
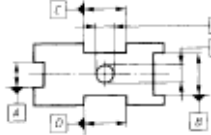


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<b>14.12 Tolerancia de simetría</b>	
	<b>14.12.1 Tolerancia de simetría de un plano de simetría</b>	
	<p>La zona de tolerancia está limitada por dos planos paralelos separados una distancia <math>t</math> y colocados simétricamente con respecto al plano de simetría (o eje) de referencia.</p>  <p>Figura 126</p>	 <p>Figura 127</p> <p>El plano de simetría de la ranura debe estar contenido entre dos planos paralelos separados 0,08 y colocados simétricamente respecto al plano de simetría que especifica la referencia A.</p>
	<b>14.12.2 Tolerancia de simetría de una recta o un eje</b>	
≡	<p>La zona de tolerancia, una vez proyectada sobre un plano, está limitada por dos rectas paralelas separadas una distancia <math>t</math> y colocadas simétricamente con respecto al eje de referencia (o plano de simetría), cuando la tolerancia es especificada en una única dirección.</p>  <p>Figura 128</p>	 <p>Figura 129</p> <p>El eje del agujero debe estar contenido entre dos planos paralelos, separados 0,08 y colocados simétricamente respecto al plano de simetría efectivo de las ranuras de referencia A y B.</p>
	<p>La zona de tolerancia está limitada por un paralelepípedo de sección <math>t_1</math> x <math>t_2</math>, cuyo eje coincide con el eje de referencia, cuando la tolerancia se especifica en dos direcciones perpendiculares entre sí.</p>  <p>Figura 130</p>	 <p>Figura 131</p> <p>El eje del agujero debe estar dentro de una zona paralelepípedica de base 0,1 (horizontal) x 0,05 (vertical) y cuyo eje coincide con el eje de referencia formado por la intersección de los planos de simetría efectivos A-B y C-D.</p>


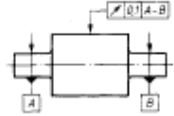
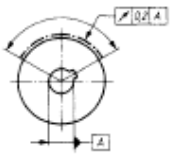
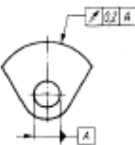


# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<b>14.13 Tolerancia de oscilación circular</b>	
	<b>14.13.1 Tolerancia de oscilación circular-radial</b>	
	<p>La zona de tolerancia está limitada, dentro de cualquier plano de medida perpendicular al eje, mediante dos círculos concéntricos de diferencia entre radios <math>t</math> y centro coincidente con el eje de referencia.</p>  <p>Superficie de tolerancia Plano de medida</p> <p>Figura 132</p>	<p>La tolerancia de oscilación radial no debe sobrepasar más de 0,1 en cualquier plano de medición, durante una vuelta completa alrededor del eje de referencia A-B.</p>  <p>Figura 133</p>
	<p>La tolerancia de oscilación se aplica normalmente a revoluciones completas alrededor de un eje, por lo cual debe indicarse especialmente cuando se quiera referir a revoluciones incompletas.</p>	<p>La tolerancia de oscilación radial no debe sobrepasar más de 0,1, en cualquier plano de medición, cuando se mide una pieza controlada durante una vuelta completa alrededor del eje del agujero A (eje de referencia).</p>  <p>Figura 134</p>  <p>Figura 135</p>





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<b>14.13.2 Tolerancia de oscilación circular-axial</b>	
	<p>La zona de tolerancia está limitada, en cualquier posición radial, mediante dos círculos separados una distancia <math>t</math> que se mantienen dentro de un cilindro de medición, cuyo eje coincide con el eje de referencia.</p> <p>Figura 136</p>	<p>La tolerancia de oscilación axial no debe sobrepasar más de 0,1, en cualquier posición de medición, durante una vuelta completa alrededor del eje de referencia <math>D</math>.</p> <p>Figura 137</p>
	<b>14.13.3 Tolerancia de oscilación circular en cualquier dirección</b>	
	<p>La zona de tolerancia está limitada mediante dos círculos separados una distancia <math>t</math>, que se mantienen dentro de un cono de medición, cuyo eje coincide con el eje de referencia.</p> <p>A menos que se especifique otra cosa, la dirección de medida se considera normal a la superficie.</p> <p>Figura 138</p>	<p>La tolerancia de oscilación en la dirección indicada, no debe sobrepasar más de 0,1, en cualquier cono de medición, durante una vuelta completa alrededor del eje de referencia <math>C</math>.</p> <p>Figura 139</p> <p>La tolerancia de oscilación en la dirección perpendicular a la tangente a la superficie curva, no debe sobrepasar más de 0,1, en cualquier cono de medición, durante una vuelta completa alrededor del eje de referencia <math>C</math>.</p> <p>Figura 140</p>



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Definición de Tolerancias Geométricas.

Símbolo	Definición de la zona de tolerancia	Indicación e interpretación
	<p><b>14.13.4 Tolerancia de oscilación circular en una dirección especificada</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada mediante dos círculos separados una distancia <math>t</math>, que se mantienen dentro de un cono de medición con el ángulo especificado, cuyo eje coincide con el eje de referencia.</p>	<p>Figura 141</p> <p>La tolerancia de oscilación en la dirección especificada, no debe sobrepasar más de 0,1, en cualquier cono de medición, durante una vuelta completa alrededor del eje de referencia C.</p>
	<p><b>14.14 Tolerancia de oscilación total</b></p> <p><b>14.14.1 Tolerancia de oscilación total-radial</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada mediante dos cilindros coaxiales de diferencia entre radios <math>t</math>, cuyos ejes coinciden con el eje de referencia.</p>	<p>Figura 143</p> <p>La tolerancia de oscilación total radial no debe sobrepasar más de 0,1, en cualquier punto de la superficie especificada, durante varias revoluciones alrededor del eje de referencia A-B, y con movimiento axial relativo entre las piezas y los instrumentos de medida. En el movimiento relativo los instrumentos de medida, o la pieza, deben ser guiados a lo largo de una línea que tiene la forma teóricamente exacta del contorno y que está en la posición correcta en relación al eje de referencia.</p>
	<p><b>14.14.2 Tolerancia de oscilación total-axial</b></p> <p>La zona de tolerancia está limitada mediante dos planos paralelos separados una distancia <math>t</math> y perpendiculares al eje de referencia.</p>	<p>Figura 145</p> <p>La tolerancia de oscilación total axial no debe sobrepasar más de 0,1, en cualquier punto de la superficie especificada, durante varias revoluciones alrededor del eje de referencia D, y con movimiento radial relativo entre la pieza y los instrumentos de medida. En el movimiento relativo los instrumentos de medida, o la pieza, deben ser guiados a lo largo de una línea que tiene la forma teóricamente exacta del contorno y que está en la posición correcta en relación al eje de referencia.</p>



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Relación entre Tolerancia Geométrica y Tolerancia Dimensional.

##### Principio de Máximo Material MM.

El principio de máximo material establece que las peores condiciones de montaje se tienen para un eje sobre un agujero, cuando la dimensión del eje es máxima y el defecto geométrico también es máximo y el agujero se encuentra en su medida mínima con defecto geométrico máximo, pudiendo éste último considerarse como caso límite la suma de la tolerancia geométrica especificada y la dimensional, cuando la medida dimensional es más favorable, es decir mínima para ejes y máxima para agujeros.

Ver tema 4.1.5 Principio de Máximo Material.



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Combinación de Tolerancias Dimensionales y de Posición.

Uno de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en el montaje de mecanismos, es el de hacer pasar un eje por los agujeros de dos o más piezas fabricadas separadamente. En estos casos el problema que ha de resolver el ingeniero es el de definir las tolerancias de los diámetros de los componentes más las tolerancias de posición de sus centros a fin de que el montaje sea posible.

Con el ejemplo de la figura siguiente, trataremos de ilustrar la resolución del problema.



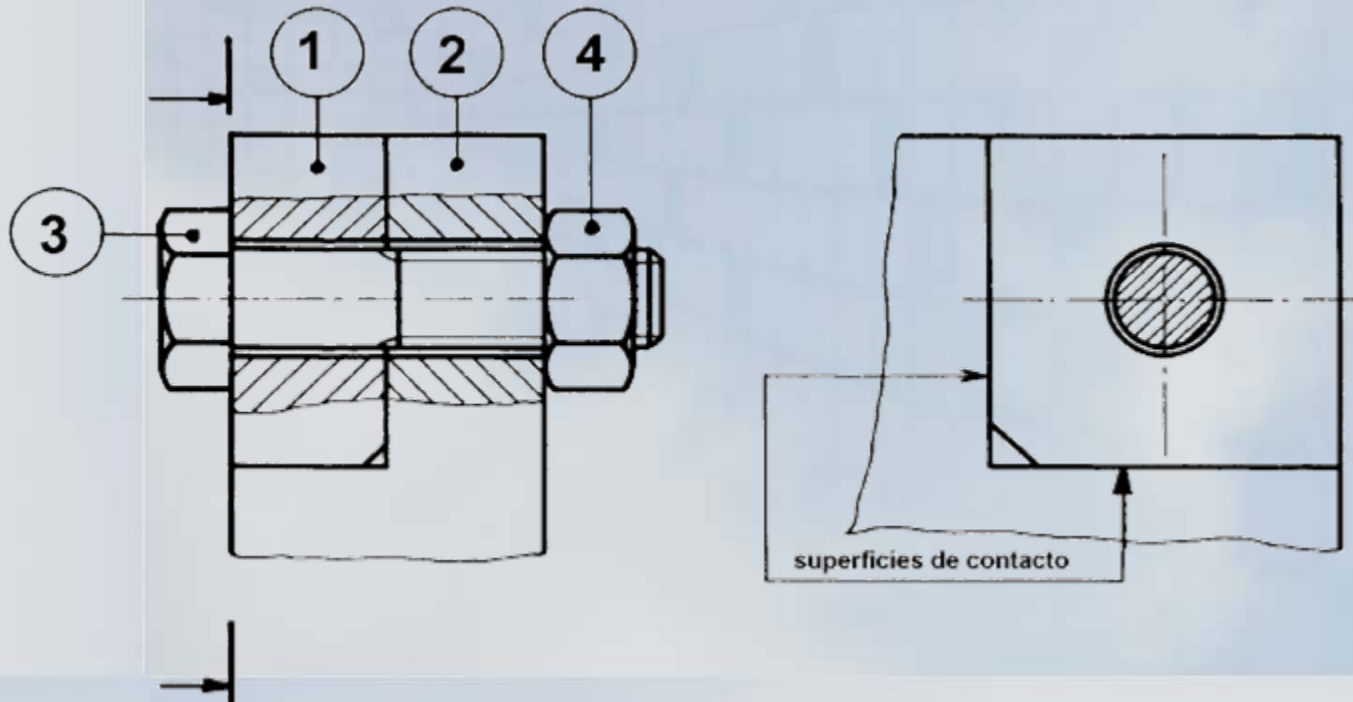
# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Combinación de Tolerancias Dimensionales y de Posición

Tengamos un subconjunto parcial en el que cada una de las piezas ha de ser fabricada separadamente y se requieren condiciones de intercambiabilidad total.





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Combinación de Tolerancias Dimensionales y de Posición

En la figura 4.14, se muestran las condiciones de montaje mas desfavorables, observándose que:

$$d_{\max} \text{ tornillo} = D_{\min} \text{ agujero} - t \quad (t = \text{tol posición agujero})$$

de acuerdo con esto y fijando por ejemplo  $t$ , en 0,2 y el diámetro máximo del tornillo fijado por la norma que los define es 12, el  $D$  mínimo del agujero será:

$$D_{\min} = d_{\max} + t = 12 + 0,2 = 12,2$$

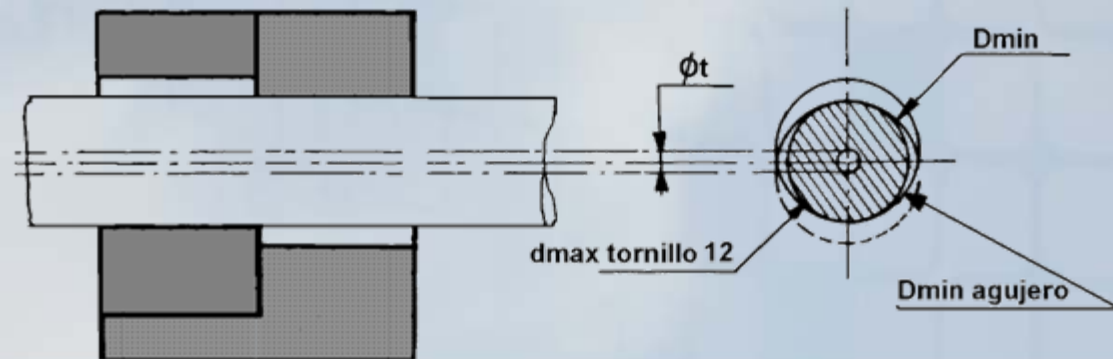


Figura 4.14 Representación de la unión



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Combinación de Tolerancias Dimensionales y de Posición

La determinación del diámetro máximo del agujero vendrá definida por el juego máximo admisible, en nuestro caso se ha establecido en 12,7.

Si el diámetro del agujero resulta superior al mínimo, la tolerancia de posición puede ampliarse, esta posibilidad queda expresada por la introducción de la condición de máximo material. Supongamos que el diámetro obtenido para el agujero es  $D_1$  comprendido entre  $D_{\max}$  y  $D_{\min}$ , se tendrá siempre que:

$$d_{\max} = D_1 - t_1 = D_{\min} - t$$

de donde

$$t_1 = t + (D_1 - D_{\min}) \text{ siendo por tanto } t_1 \text{ mayor que } t$$



# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Combinación de Tolerancias Dimensionales y de Posición

En nuestro ejemplo si  $D_1 = D_{\max}$   $t_1 = t_{\max}$

$$t_{\max} = t + (D_{\max} - D_{\min}) = 0,2 + (12,7 - 12,2) = 0,7$$

en la figura 4.15, se representa gráficamente este resultado

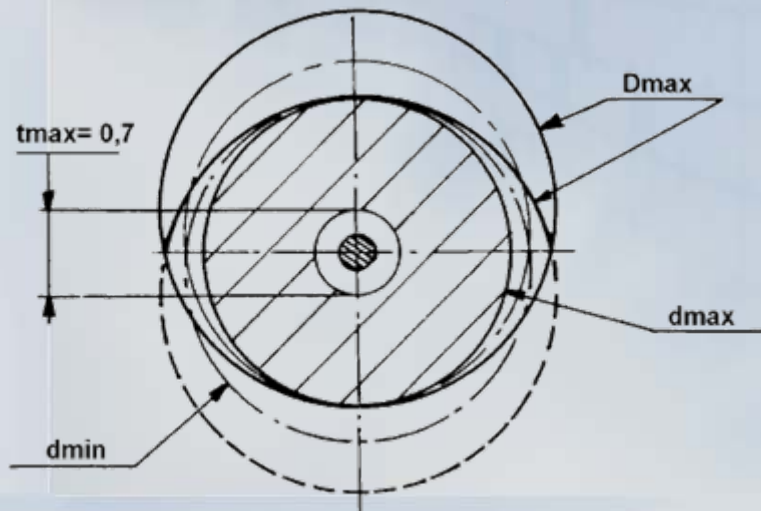


Figura 4.15 Representación de la solución





# INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

## 4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

### 3.1.3 Tolerancias Geométricas.

#### Combinación de Tolerancias Dimensionales y de Posición

En la figura 4.16, se representa la acotación de los componentes del montaje, haciendo uso de la condición de máximo material. Las cotas que definen los centros de los taladros y por tanto de la tolerancia de posición las hemos denominado A y B y tienen carácter nominal.

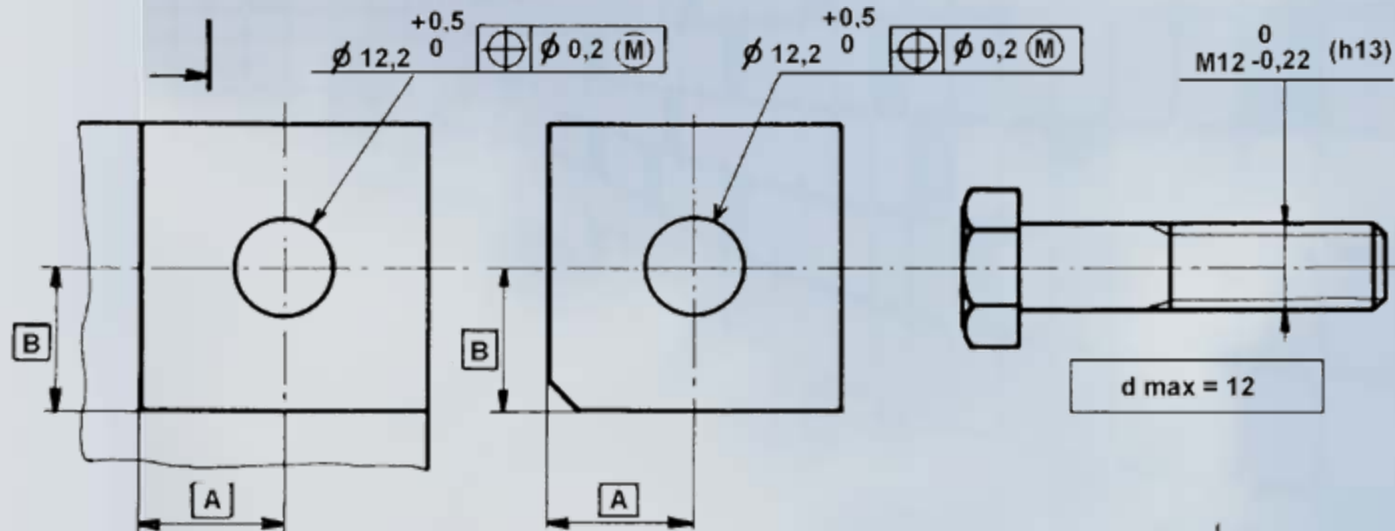


Figura 4.16 Acotación de los componentes