



Ángel de Andrés Martínez

Doctor Ingeniero Industrial del ICAI e Ingeniero Técnico Industrial del ICAI. Actualmente es Profesor Propio del Dpto. de Ingeniería Mecánica.



Eduardo García Sánchez

Doctor Ingeniero Industrial del ICAI. Actualmente es profesor propio del Dpto. de Ingeniería Mecánica.



María Ana Sáenz Nuño

Licenciada en Ciencias Físicas (Universidad Complutense). Doctora en el ICAI en el año 2002. Actualmente es Profesora del Dpto. de Ingeniería Mecánica.



Nueva normativa sobre tolerancias dimensionales

Un diseño nuevo

Palabras clave: filosofía GPS, metrología, tolerancias dimensionales.

Key words: GPS philosophy, metrology, dimensional tolerances.

Resumen:

Se está definiendo un lenguaje GPS en la normativa internacional para la caracterización de productos, sin ambigüedades de las exigencias funcionales de los mecanismos, con una base teórica robusta y coherencia global. En esta línea se han redefinido muchos conceptos y reeditado antiguas normas de uso clásico en la industria mecánica. En este artículo se tratan los nuevos aspectos sobre la normativa relacionada con las tolerancias dimensionales.

Abstract:

It's defining a GPS language in the International Normative for the product characterization, without any ambiguity in the functional requirements of the mechanisms, with robust and globally coherent theoretical fundamentals. In this line, it's re-defining many concepts and re-edited old classic Normative in the mechanical industry. In this article we develop the new aspects about the Normative which is related with dimensional tolerances.

Figura 1: Logotipo de la ISA



ISA – The Instrumentation Systems, and Automation Society

Introducción

Durante el año 2010 se han publicado las nuevas normas UNE EN ISO 286-1 [3] y UNE EN ISO 286-2 [4], que recogen toda la información necesaria para el buen uso y aplicación de las calidades e intervalos de tolerancias dimensionales en las cotas de piezas. Si bien estas normas se basan en lo que se ha venido haciendo clásicamente en la industria, en este artículo presentaremos las modificaciones más relevantes y un formato nuevo en

Figura 2: Intervalos de tolerancia del ISA, según Casillas

Valor en milésimas de milímetro de la Tolerancia **T** fundamental «ISA» para la calidad de trabajo de 1 a 16 para diversos grupos de dimensiones
IT = TOLERANCIA DEL «ISA» (Abreviada)

GRUPO DE DIMENSIONES mm.	CALIDAD															
	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
De 1 a 3	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	0,014	0,025	0,040	0,060	0,090	0,140	0,250	0,400	0,600
De más 3 a 6	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180	0,300	0,480	0,750
» 8 a 10	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220	0,360	0,580	0,900
» 10 a 18	0,0015	0,002	0,003	0,005	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270	0,430	0,700	1,100
» 18 a 30	0,015	0,002	0,004	0,006	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330	0,520	0,840	1,300
» 30 a 50	0,002	0,003	0,004	0,007	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390	0,620	1,000	1,600
» 50 a 80	0,002	0,003	0,005	0,008	0,013	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460	0,740	1,200	1,900
» 80 a 120	0,003	0,004	0,006	0,010	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540	0,870	1,400	2,200
» 120 a 180	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630	1,000	1,600	2,500
» 180 a 250	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,460	0,720	1,150	1,850	2,900
» 250 a 315	0,006	0,008	0,012	0,016	0,023	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,520	0,810	1,300	2,100	3,200
» 315 a 400	0,007	0,009	0,013	0,018	0,025	0,036	0,057	0,090	0,140	0,230	0,360	0,570	0,890	1,400	2,300	3,600
» 400 a 500	0,008	0,010	0,015	0,020	0,027	0,040	0,063	0,097	0,155	0,250	0,400	0,630	0,970	1,550	2,500	4,000

Para trabajos ordinarios en piezas aisladas, tales como laminado estirado, prensado, etcétera.
 Para trabajos de calibres.
 Para trabajos de piezas destinadas a ser acopladas entre ellas.

En esta tabla se estiman las tolerancias fundamentales, cuyo ejemplo es el siguiente: Tolerancia en un agujero calidad IT 7 sobre la línea ideal cero, o sea, H 7 y diámetro 200 mm. es = + 0,046 y 0,000.
 En iguales condiciones el EJE h 6 de 200 mm. diámetro es = - 0,029 y + 0,000.

Figura 3: Tabla ISA de tolerancias

Figura 4: Matriz GPS, vista de conjunto del esquema general GPS

Normas GPS fundamentales	<p>Normas GPS globales</p> <p>Normas GPS y normas asociadas que influyen sobre algunas o todas las cadenas de normas GPS generales</p>																																				
	<p>Matriz GPS general</p> <p>Cadenas de normas GPS generales</p> <table border="0"> <tr><td>1</td><td>Cadena Dimensión o Tamaño</td></tr> <tr><td>2</td><td>Cadena Distancia</td></tr> <tr><td>3</td><td>Cadena Radio</td></tr> <tr><td>4</td><td>Cadena Ángulo</td></tr> <tr><td>5</td><td>Cadena Forma de línea (independiente de una referencia)</td></tr> <tr><td>6</td><td>Cadena Forma de línea (dependiente de una referencia)</td></tr> <tr><td>7</td><td>Cadena Forma de superficie (independiente de una referencia)</td></tr> <tr><td>8</td><td>Cadena Forma de superficie (dependiente de una referencia)</td></tr> <tr><td>9</td><td>Cadena Orientación</td></tr> <tr><td>10</td><td>Cadena Posición</td></tr> <tr><td>11</td><td>Cadena Alabeo circular</td></tr> <tr><td>12</td><td>Cadena Alabeo total</td></tr> <tr><td>13</td><td>Cadena Referencias</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cadena Perfil de rugosidad</td></tr> <tr><td>15</td><td>Cadena Perfil de ondulación</td></tr> <tr><td>16</td><td>Cadena Perfil primario</td></tr> <tr><td>17</td><td>Cadena Defectos superficiales</td></tr> <tr><td>18</td><td>Cadena Aristas</td></tr> </table>	1	Cadena Dimensión o Tamaño	2	Cadena Distancia	3	Cadena Radio	4	Cadena Ángulo	5	Cadena Forma de línea (independiente de una referencia)	6	Cadena Forma de línea (dependiente de una referencia)	7	Cadena Forma de superficie (independiente de una referencia)	8	Cadena Forma de superficie (dependiente de una referencia)	9	Cadena Orientación	10	Cadena Posición	11	Cadena Alabeo circular	12	Cadena Alabeo total	13	Cadena Referencias	14	Cadena Perfil de rugosidad	15	Cadena Perfil de ondulación	16	Cadena Perfil primario	17	Cadena Defectos superficiales	18	Cadena Aristas
	1	Cadena Dimensión o Tamaño																																			
2	Cadena Distancia																																				
3	Cadena Radio																																				
4	Cadena Ángulo																																				
5	Cadena Forma de línea (independiente de una referencia)																																				
6	Cadena Forma de línea (dependiente de una referencia)																																				
7	Cadena Forma de superficie (independiente de una referencia)																																				
8	Cadena Forma de superficie (dependiente de una referencia)																																				
9	Cadena Orientación																																				
10	Cadena Posición																																				
11	Cadena Alabeo circular																																				
12	Cadena Alabeo total																																				
13	Cadena Referencias																																				
14	Cadena Perfil de rugosidad																																				
15	Cadena Perfil de ondulación																																				
16	Cadena Perfil primario																																				
17	Cadena Defectos superficiales																																				
18	Cadena Aristas																																				
<p>Matriz GPS Complementaria</p> <p>Cadenas de normas GPS complementarias</p> <table border="0"> <tr><td>A.</td><td>Normas sobre tolerancias en procesos específicos</td></tr> <tr><td>A.1</td><td>Cadena Mecanizado</td></tr> <tr><td>A.2</td><td>Cadena Fundición</td></tr> <tr><td>A.3</td><td>Cadena Soldadura</td></tr> <tr><td>A.4</td><td>Cadena Corte térmico</td></tr> <tr><td>A.5</td><td>Cadena Moldeado plástico</td></tr> <tr><td>A.6</td><td>Cadena Recubrimiento metálico y no orgánico</td></tr> <tr><td>A.7</td><td>Cadena Pintura</td></tr> <tr><td>B.</td><td>Normas sobre geometría de productos o componentes particulares</td></tr> <tr><td>B.1</td><td>Cadena Roscas</td></tr> <tr><td>B.2</td><td>Cadena Engranajes</td></tr> <tr><td>B.3</td><td>Cadena Acanaladuras o Chaveteros</td></tr> </table>	A.	Normas sobre tolerancias en procesos específicos	A.1	Cadena Mecanizado	A.2	Cadena Fundición	A.3	Cadena Soldadura	A.4	Cadena Corte térmico	A.5	Cadena Moldeado plástico	A.6	Cadena Recubrimiento metálico y no orgánico	A.7	Cadena Pintura	B.	Normas sobre geometría de productos o componentes particulares	B.1	Cadena Roscas	B.2	Cadena Engranajes	B.3	Cadena Acanaladuras o Chaveteros													
A.	Normas sobre tolerancias en procesos específicos																																				
A.1	Cadena Mecanizado																																				
A.2	Cadena Fundición																																				
A.3	Cadena Soldadura																																				
A.4	Cadena Corte térmico																																				
A.5	Cadena Moldeado plástico																																				
A.6	Cadena Recubrimiento metálico y no orgánico																																				
A.7	Cadena Pintura																																				
B.	Normas sobre geometría de productos o componentes particulares																																				
B.1	Cadena Roscas																																				
B.2	Cadena Engranajes																																				
B.3	Cadena Acanaladuras o Chaveteros																																				

el que se recoge la información más importante y facilita enormemente el uso de las normas.

Un poco de historia. Tabla de tolera ISA

La ISA fue fundada en 1945 como "The Instrument Society of America" (La Sociedad de Instrumentistas de América) y actualmente ISA es "The Instrumentation, Systems and Automation Society" (La Sociedad para la

Instrumentación de Sistemas y Automatización), lo que le confiere un carácter global.

Desde el principio ha sido una Sociedad creada para fomentar la aplicación de la instrumentación, sistemas computacionales así como sistemas de medición y control para procesos de fabricación y procesos continuos. La Sociedad es una organización educacional de carácter no lucrativo, que brinda beneficios a alrededor de

Figura 5: Logo de ISO



40.000 miembros en todo el mundo. Se reconoce a nivel mundial como la organización profesional líder de los especialistas de la instrumentación. Está integrada por ingenieros, científicos, técnicos, educadores, proveedores, gerentes y estudiantes, quienes diseñan, utilizan o venden los sistemas de Instrumentación y Control.

La Sociedad realiza una amplia gama de actividades que ofrece a sus miembros la oportunidad para la frecuente interacción con otros especialistas de la instrumentación en sus comunidades. Mediante la participación en las diferentes divisiones ISA, los miembros comparten ideas y experiencias con colegas alrededor del mundo. Estas divisiones se clasifican temáticamente en ciencias e industrias que representan a las distintas ramas de trabajo, dentro de la tecnología de la instrumentación y el control industrial (ver Divisiones de ISA).

Recogiendo la experiencia de la industria, ISA publicó unas tablas que mostraban los intervalos de tolerancias más utilizados en la industria, tal y como se recoge en el "Manual que Máquinas. Cálculo de taller" de A. L. Casillas [1], y que sirvió de referencia durante muchos años. En dicho sistema, se contemplaban 16 intervalos de calidad para unas dimensiones nominales entre 1 y 500 mm, y con unos valores que se ajustaban a las posibilidades en la fabricación y control de aquel momento.

Aunando dicha información con la posición de cada intervalo de tolerancia, en la Universidad Pontificia de Comillas, se vino trabajando con un formato más práctico y que es el que se adjunta:

Durante más de 10 años esta tabla ha servido de material de estudio a los alumnos de Ingeniería Industrial, siendo un apoyo significativo y eficaz. De la experiencia acumulada por los

Figura 6:Tabla según UNE EN ISO286-1/2

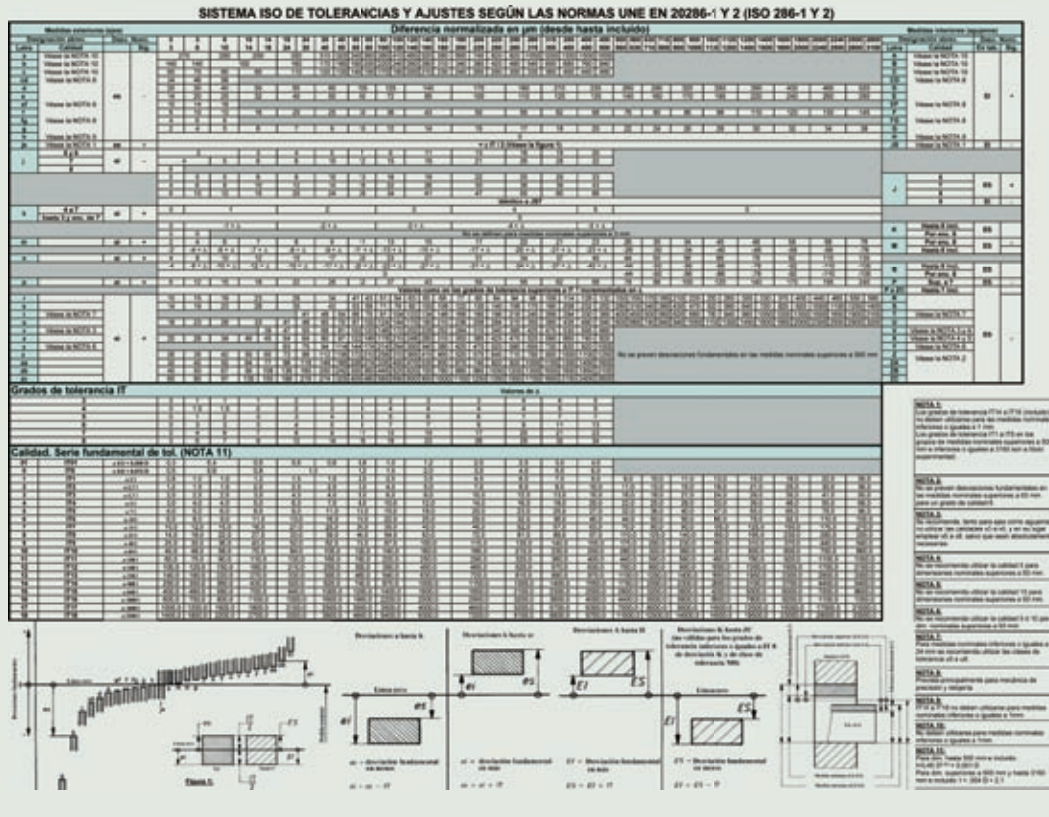


Figura 7: Cálculo del IT asociado a la calidad 9

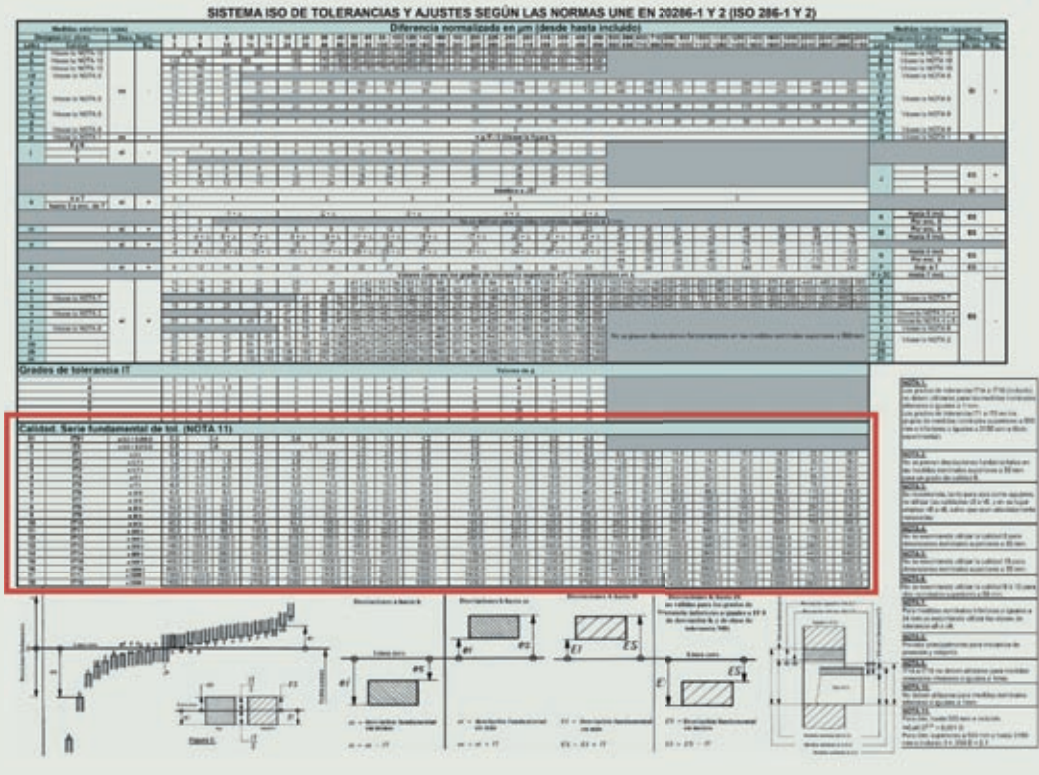


Figura 8: Cálculo del IT asociado a la calidad

Calidad. Serie fundamental de tol. (NOTA 11)					
01	IT01	$\pm 0.3 + 0.008 D$	0.3	0.4	0.5
0	IT0	$\pm 0.5 + 0.012 D$	0.5	0.6	0.8
1	IT1	± 1	0.8	1.0	1.2
2	IT2	± 1.5	1.2	1.5	2.0
3	IT3	± 2	2.0	2.5	3.0
4	IT4	± 3	3.0	4.0	5.0
5	IT5	± 4	4.0	5.0	6.0
6	IT6	± 6	6.0	8.0	11.0
7	IT7	± 10	10.0	12.0	15.0
8	IT8	± 15	15.0	18.0	25.0
9	IT9	± 25	25.0	30.0	43.0
10	IT10	± 30	30.0	40.0	50.0
11	IT11	± 50	50.0	75.0	110.0
12	IT12	± 80	100.0	120.0	150.0
13	IT13	± 120	140.0	180.0	270.0
14	IT14	± 180	250.0	300.0	430.0
15	IT15	± 250	400.0	480.0	700.0
16	IT16	± 380	600.0	750.0	1100.0
17	IT17	± 500	1000.0	1200.0	1800.0
18	IT18	± 750	1400.0	1800.0	2700.0

14	1
18	2
250	

profesores del área de Metrología Dimensional principalmente, se decidió actualizar la documentación a la nueva normativa ISO, pero manteniendo el formato anterior; que había demostrado sobradamente su validez pedagógica.

El relevo: ISO

La universidad, a través de los autores de este artículo, participa y representa a España en el Comité de Normalización ISO/TC 213: "Geometrical Product Specification and Verification", donde se desarrolla la normalización relativa a las tolerancias dimensionales, geométricas y microgeométricas entre otras.

Todas ellas se basan en el concepto GPS, *Geometrical Product Specification*, cuya filosofía se fundamenta en los siguientes pilares, tal y como se recoge en [2]:

- Cubrir varios tipos de normas: algunas de ellas se ocupan de reglas

Figura 9: Posición del IT asociado a la calidad 9

SISTEMA ISO DE TOLERANCIAS Y AJUSTES SEGÚN LAS NORMAS UNE EN 20286-1 Y 2 (ISO 286-1 Y 2)

Grados de tolerancia IT

Calidad. Serie fundamental de tol. (NOTA 11)

Figura 10: Posición D del IT asociado a la calidad 9

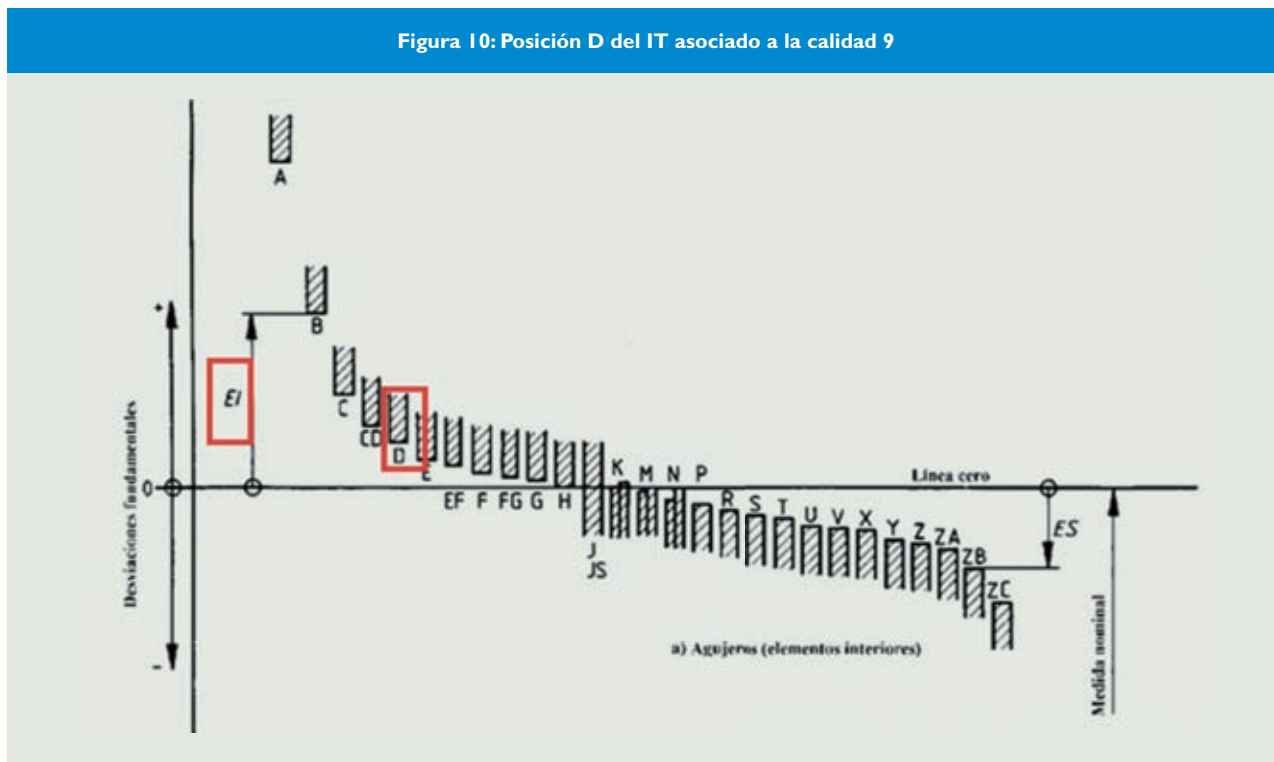


Figura 11: Posición D del IT asociado a la calidad 9

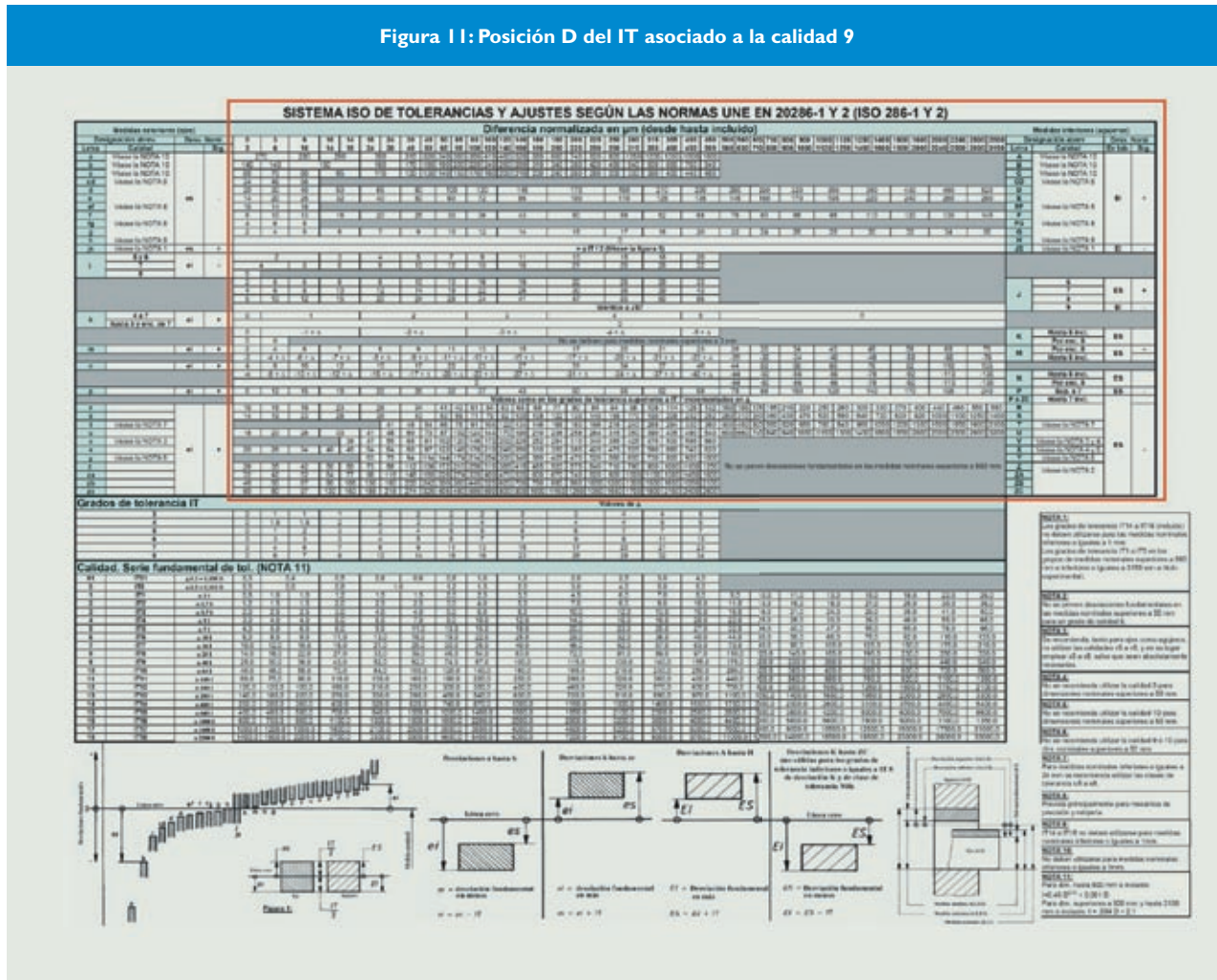


Figura 12: Posición D del IT asociado a la calidad 9

Diferencia normalizada en μm (desde hasta incluido)		Medidas interiores (aproximadas)	
Clase	Medida	Clase	Medida
1	0 - 10	1	0 - 10
2	10 - 20	2	10 - 20
3	20 - 30	3	20 - 30
4	30 - 40	4	30 - 40
5	40 - 50	5	40 - 50
6	50 - 60	6	50 - 60
7	60 - 70	7	60 - 70
8	70 - 80	8	70 - 80
9	80 - 90	9	80 - 90
10	90 - 100	10	90 - 100
11	100 - 120	11	100 - 120
12	120 - 150	12	120 - 150
13	150 - 200	13	150 - 200
14	200 - 300	14	200 - 300
15	300 - 500	15	300 - 500
16	500 - 1000	16	500 - 1000
17	1000 - 2000	17	1000 - 2000

básicas de las especificaciones (normas GPS fundamentales), otras de principios y definiciones globales (normas GPS globales), y otras se ocupan directamente de las características geométricas (normas GPS generales y complementarias, véase figura 4).

- Cubrir varios tipos de características geométricas, tales como dimensión o tamaño, distancia, ángulo, forma, situación, orientación, rugosidad, etc. (véanse las cadenas de normas GPS generales, numeradas del 1 al 17 en la figura 4).

- Estudiar las características de las piezas (sistemas de tolerancias) como resultado de diferentes procesos de fabricación, y de las características de productos (componentes) específicos (véanse las cadenas de normas GPS complementarias numeradas desde A1 hasta A7 y desde B1 hasta B3 en la figura 4).
 - Intervenir en las diversas etapas de desarrollo de un producto: diseño, fabricación, metrología, aseguramiento de la calidad, etc.
- Los cuatro tipos diferentes de normas GPS forman lo que se denomina *matriz GPS*.

Esta matriz permite una clasificación rápida de la normativa y un acceso a la información muy interesante.

En esta línea se han introducido conceptos nuevos como el de operador (distinto al de operario), operación, modelo de piel, etc., que si bien, muchos ya se venían manejando en la industria, la normativa no se había hecho eco de estas tendencias hasta ahora, de ahí el interés de seguir muy de cerca esta nueva normalización.

Las nuevas normas clasificadas y editadas bajo esta filosofía son documentos completos, autosuficientes

Figura 14: Cálculo del IT asociado a la calidad 9

The document is a technical reference for ISO tolerances. It contains several tables and notes:


- Table 1: Medidas exteriores (Series).** Lists tolerance values for different series (H7, H8, H9, H10, H11, H12, H13, H14, H15, H16, H17, H18, H19, H20, H21, H22, H23, H24, H25, H26, H27, H28, H29, H30, H31, H32, H33, H34, H35, H36, H37, H38, H39, H40, H41, H42, H43, H44, H45, H46, H47, H48, H49, H50, H51, H52, H53, H54, H55, H56, H57, H58, H59, H60, H61, H62, H63, H64, H65, H66, H67, H68, H69, H70, H71, H72, H73, H74, H75, H76, H77, H78, H79, H80, H81, H82, H83, H84, H85, H86, H87, H88, H89, H90, H91, H92, H93, H94, H95, H96, H97, H98, H99, H100).
- Table 2: Medidas interiores (Series).** Lists tolerance values for different series (f7, f8, f9, f10, f11, f12, f13, f14, f15, f16, f17, f18, f19, f20, f21, f22, f23, f24, f25, f26, f27, f28, f29, f30, f31, f32, f33, f34, f35, f36, f37, f38, f39, f40, f41, f42, f43, f44, f45, f46, f47, f48, f49, f50, f51, f52, f53, f54, f55, f56, f57, f58, f59, f60, f61, f62, f63, f64, f65, f66, f67, f68, f69, f70, f71, f72, f73, f74, f75, f76, f77, f78, f79, f80, f81, f82, f83, f84, f85, f86, f87, f88, f89, f90, f91, f92, f93, f94, f95, f96, f97, f98, f99, f100).
- Table 3: Tolerancias fundamentales en micras.** A large table showing fundamental tolerance values in micrometers for different quality grades (IT01 to IT18) across various diameter ranges.
- Table 4: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** Another section of the fundamental tolerance table.
- Table 5: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A third section of the fundamental tolerance table.
- Table 6: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 7: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 8: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 9: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 10: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 11: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 12: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A tenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 13: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eleventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 14: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twelfth section of the fundamental tolerance table.
- Table 15: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirteenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 16: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fourteenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 17: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifteenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 18: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixteenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 19: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventeenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 20: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighteenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 21: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A nineteenth section of the fundamental tolerance table.
- Table 22: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twentieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 23: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 24: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 25: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 26: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 27: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 28: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 29: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 30: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 31: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A twenty-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 32: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirtieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 33: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 34: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 35: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 36: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 37: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 38: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 39: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 40: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 41: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A thirty-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 42: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fortieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 43: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 44: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 45: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 46: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 47: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 48: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 49: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 50: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 51: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A forty-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 52: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fiftieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 53: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 54: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 55: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 56: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 57: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 58: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 59: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 60: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 61: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A fifty-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 62: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixtieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 63: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 64: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 65: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 66: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 67: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 68: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 69: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 70: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 71: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A sixty-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 72: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 73: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 74: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 75: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 76: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 77: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 78: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 79: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 80: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 81: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A seventy-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 82: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eightieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 83: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 84: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 85: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 86: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 87: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 88: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 89: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 90: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 91: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** An eighty-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 92: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninetieth section of the fundamental tolerance table.
- Table 93: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-first section of the fundamental tolerance table.
- Table 94: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-second section of the fundamental tolerance table.
- Table 95: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-third section of the fundamental tolerance table.
- Table 96: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-fourth section of the fundamental tolerance table.
- Table 97: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-fifth section of the fundamental tolerance table.
- Table 98: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-sixth section of the fundamental tolerance table.
- Table 99: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-seventh section of the fundamental tolerance table.
- Table 100: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-eighth section of the fundamental tolerance table.
- Table 101: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A ninety-ninth section of the fundamental tolerance table.
- Table 102: Tolerancias fundamentales en micras (continued).** A hundredth section of the fundamental tolerance table.

Figura 15: Cálculo del IT asociado a la calidad 9

			10	14		
			a	a		
			14	18		

Calidad	Sete fundamental de Tolerancias	Tolerancias en i				
1	IT1		15	1,5	1,5	1,5
2	IT2		2	2	2	2
3	IT3		3	3	3	3
4	IT4		4	4	4	5
5	IT5	≈ 7	6	5	6	8
6	IT6	10	7	8	9	11
7	IT7	16	9	12	15	18
8	IT8	25	14	18	22	27
9	IT9	40	25	30	36	43
10	IT10	60	40	50	60	75

Figura 16: Posición del IT asociado a la calidad 9



Linea cero
Diferencia (micras)

Grado de exactitud	Tolerancia	Grado de exactitud	Tolerancia
IT01	±0,005	IT09	±0,045
IT02	±0,007	IT10	±0,060
IT03	±0,010	IT11	±0,080
IT04	±0,015	IT12	±0,110
IT05	±0,020	IT13	±0,150
IT06	±0,030	IT14	±0,200
IT07	±0,040	IT15	±0,280
IT08	±0,050	IT16	±0,380
IT09	±0,070	IT17	±0,500
IT10	±0,100	IT18	±0,680
IT11	±0,150	IT19	±0,900
IT12	±0,200	IT20	±1,200
IT13	±0,300	IT21	±1,600
IT14	±0,400	IT22	±2,000
IT15	±0,500	IT23	±2,600
IT16	±0,700	IT24	±3,500
IT17	±1,000	IT25	±4,600
IT18	±1,400	IT26	±6,000
IT19	±2,000	IT27	±8,000
IT20	±2,800	IT28	±11,000
IT21	±3,800	IT29	±15,000
IT22	±5,000	IT30	±20,000
IT23	±7,000	IT31	±28,000
IT24	±9,000	IT32	±38,000
IT25	±12,000	IT33	±50,000
IT26	±16,000	IT34	±68,000
IT27	±22,000	IT35	±90,000
IT28	±30,000	IT36	±120,000
IT29	±40,000	IT37	±160,000
IT30	±55,000	IT38	±220,000
IT31	±75,000	IT39	±300,000
IT32	±100,000	IT40	±400,000

Tolerancias I.S.A. TABLA I
Cuadro general

NOTA 1: Línea de tolerancia por encima de la línea cero.

NOTA 2: Línea de tolerancia por debajo de la línea cero.

NOTA 3: Línea de tolerancia por encima de la línea cero y por debajo de la línea cero.

NOTA 4: Línea de tolerancia por encima de la línea cero y por debajo de la línea cero.

NOTA 5: Línea de tolerancia por encima de la línea cero y por debajo de la línea cero.

NOTA 6: Línea de tolerancia por encima de la línea cero y por debajo de la línea cero.

NOTA 7: Línea de tolerancia por encima de la línea cero y por debajo de la línea cero.

Observaciones: La tolerancia indicada en la tabla para la calidad IT4 y campo 24B es sólo provisional.

Las tolerancias citadas rigen también para el caso de un valor de media de 1 o 16 mm.

Figura 17: Posición D del IT asociado a la calidad 9

Figura 18: Posición D del IT asociado a la calidad 9

Diferencia normalizada en micras																	Meo					
Región de medidas nominales																		Desi				
Mas de																	Letra					
10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250		280	315	355	400	450
14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	
290	300	310	320	340	360	380	410	460	520	580	660	740	820	920	1050	1200	1350	1500	1650		A	
150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	310	340	380	420	480	540	600	680	760	840		B	
95	110	120	130	140	150	170	190	200	210	230	260	280	300	330	360	400	440	480			C	
50	65	80	100	120	145	170	190	210	230	260	280	300	330	360	400	440	480				D	

y homogéneos, que aunque optimizables, constituyen una aproximación muy adecuada a una problemática que hasta el momento se había abordado muy tímidamente.

Las normas UNE EN ISO 286-1/2 Especificación geométrica de productos

(GPS) – Sistema ISO para las tolerancias dimensionales [3] y [4], publicadas durante 2010, están desarrolladas bajo esta filosofía, además de incluir nuevos intervalos de tolerancia y contemplar dimensiones superiores a los 500 mm. En la matriz GPS de la figura 4, estas

normas afectan al eslabón I de las cadenas de normas generales sobre dimensión o tamaño, distancia y radio.

Al ampliarse el rango de dimensiones a las que aplicarlo se contemplan dimensiones desde 0 mm hasta 3.150 mm, y calidades desde 00 hasta 18. Con ello

se da respuesta a nuevos métodos y un margen mucho más amplio de dimensiones.

También se han modificado los valores de los intervalos de tolerancia que anteriormente se venían utilizando, pues los métodos actuales son más precisos y versátiles.

Una nueva herramienta. Formato tabulado de la información ISO

Después de años de experiencia se ha concluido, en el área de Metrología Dimensional de la Universidad, que el formato de la figura 3 resulta no sólo pedagógicamente muy útil, sino que ha demostrado ser parte del material de bolsillo de los ingenieros en su labor diaria. Por ello, se decidió adecuar la nueva información publicada en un formato similar. Evidentemente, esta nueva tabla no pretende sustituir a la normativa, sino que es una herramienta más que facilita el trabajo con las normas. No es lo mismo manejar dos normas que suman un total de 50 + 57 páginas, que una tabla resumen en formato A3.

Si bien el manejo de la tabla resulta prácticamente inmediato para todos aquéllos que están habituados al uso de las tolerancias dimensionales, se ha tomado la libertad de incluir un ejemplo que muestra cómo utilizar dicha tabla y comparar con el resultado obtenido si se siguiera con el sistema ISA.

Manual de uso de la tabla ISO

Se describe el modo de utilización mediante el cálculo de la tolerancia asociada a la cota 15 D9 de un agujero.

Tabla ISO. Cálculo de la tolerancia 15 D9

De aquí en adelante se utilizará una imagen reducida de la figura 6 para simplificar:

Pasos a realizar:

1. Búsqueda del intervalo de tolerancia asociado a la calidad 9 para una dimensión de 15 mm, en la zona de la tabla indicada en la figura 7.

Para un IT9 y una dimensión entre 14 y hasta incluido 18 mm, resulta un IT de 43 µm.

“La utilización de intervalos de tolerancia normalizados conduce a una reducción de costes y al equilibrio económico óptimo”

2. Determinar la posición de la zona de tolerancia D. En la tabla se muestra sólo la gráfica para posiciones en ejes para simplificar, dado que es simétrico con respecto al eje horizontal. En la norma, evidentemente se recogen los dos casos, pero no hay que olvidar que este es un formato que busca la simplicidad y facilidad de manejo.

Con ello se recurre a la gráfica de la tabla, figura 9 y usando dicha información o su simétrica (figura 10), se obtendría que la posición es la que se recuadra en la última figura.

De esta figura, se concluye que en la tabla superior se suministrará la Di o Ei de la cota que interesa.

3. Buscar la Di en la parte superior de la tabla (véanse la figura 11 y 12).

Resultando Di = 50 µm.

4. Expresar el valor de la cota con su tolerancia.

3. Buscar la Di en la parte superior de la tabla (véanse la figura 17 y 18).

Resultando Di = 50 µm.

4. Expresar el valor de la cota con su tolerancia.

Conclusiones

El uso del sistema ISA o ISO es perfectamente válido siempre y cuando se especifique adecuadamente cuál es el utilizado, de manera que no dé lugar a confusión, y en algunos casos el resultado es el mismo tal y como demuestra el ejemplo anterior:

Se recomienda la utilización de intervalos de tolerancia normalizados pues, conducirá a:

– Una reducción de costes, hasta ahora causados por la fabricación de piezas inadecuadas, consecuencia de una especificación incompleta.

– Al equilibrio económico óptimo entre la especificación, fabricación y verificación.

– Una ventaja competitiva en el mercado internacional.

Si además se utiliza el formato de la tabla anterior en A3 o incluso A2 se obtendrá:

– Un manejo más rápido y eficaz de las normas.

– Una accesibilidad a la información relevante.

– Una facilidad en la programación de la obtención de las tolerancias. ■

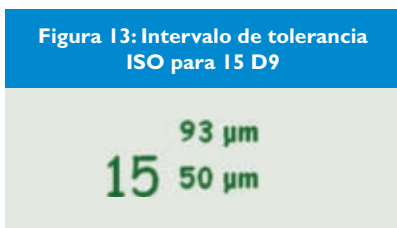


Tabla ISA. Cálculo de la tolerancia 15 D9

De aquí en adelante se utilizará una imagen reducida de la figura 3 para simplificar:

Pasos a realizar:

1. Búsqueda del intervalo de tolerancia asociado a la calidad 9 para una dimensión de 15 mm, en la zona de la tabla indicada en la figura 14.

Para un IT9 y una dimensión entre 14 y 18 mm, resulta un IT de 43 µm.

2. Determinar la posición de la zona de tolerancia D. Con ello se recurre a la gráfica de la tabla, figura 16. Usando dicha información se obtendría que la posición es la que se recuadra en la última figura.

De esta figura se concluye que en la tabla se suministrará la Di o Ei de la cota que interesa.

Bibliografía

[1] *Manual que Máquinas. Cálculo de taller* de A. L. Casillas.

[2] ISO/TR 14638:1995, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Masterplan*.

[3] UNE EN ISO 286-1: 2010, *Especificación geométrica de productos (GPS) – Sistema ISO para las tolerancias dimensionales. Parte 1: Base de tolerancias, desviaciones y ajustes*.

[4] UNE EN ISO 286-2: 2010 *Especificación geométrica de productos (GPS) – Sistema ISO para las tolerancias dimensionales. Parte 2: Tablas de las clases de tolerancia normalizadas y desviaciones límite para agujeros y ejes*.