

# Ingeniería gráfica y diseño

Consulte nuestra página web: [www.sintesis.com](http://www.sintesis.com)  
En ella encontrará el catálogo completo y comentado



Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos ([www.cedro.org](http://www.cedro.org)) vela por el respeto de los citados derechos.

Jesús Félez Mindán  
M.<sup>a</sup> Luisa Martínez Muneta

# Ingeniería gráfica y diseño



EDITORIAL  
SÍNTESIS

PROYECTO EDITORIAL  
SÍNTESIS INGENIERÍA

Áreas de Publicación

INGENIERÍA INDUSTRIAL  
COORDINADORA: Alicia Larena

© Jesús Félez Mindán  
M.<sup>a</sup> Luisa Martínez Muneta

© EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.  
Vallehermoso, 34. 28015 Madrid  
Teléfono: 91 593 20 98  
<http://www.sintesis.com>

ISBN: 978-84-975649-9-1  
Depósito legal: M. 36.658-2008

Impreso en España - Printed in Spain

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S. A.

*A Natalia y Ricardo por su incansable apoyo  
y su constante ilusión.*

*A José Antonio por su cariño.  
A Lope, José y Marisa por su alegría.*

# Índice

<b>PRÓLOGO</b>	<b>19</b>
----------------	-----------

<b>1 INGENIERÍA GRÁFICA</b>	<b>21</b>
-----------------------------	-----------

<b>1.1. BREVE HISTORIA DE LA INGENIERÍA GRÁFICA</b> .....	22
<b>1.2. LA INGENIERÍA GRÁFICA EN EL PROCESO DE DISEÑO</b> .....	24
<b>1.3. INGENIERÍA GRÁFICA</b> .....	27
<b>1.4. CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b> .....	27
1.4.1. GEOMETRÍA .....	27
1.4.2. SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN .....	28
1.4.3. INFORMÁTICA GRÁFICA .....	28
1.4.4. NORMALIZACIÓN .....	29
1.4.5. ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO DEL PRODUCTO .....	30
<b>1.5. HERRAMIENTAS DE DISEÑO</b> .....	31
1.5.1. MÉTODOS TRADICIONALES .....	31
1.5.2. CROQUIZACIÓN .....	31
1.5.3. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS .....	32
<b>1.6. TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN Y DE PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN</b> ....	35
1.6.1. TIPOS DE GRÁFICOS .....	35
1.6.2. PRE Y POSTPROCESADORES GRÁFICOS .....	36
1.6.3. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	38
1.6.4. GRÁFICOS INTERACTIVOS, REALIDAD VIRTUAL .....	39

<b>2 MÉTODOS DE EJECUCIÓN DEL DIBUJO</b>	<b>41</b>
--	-----------

<b>2.1. DIBUJO A MANO ALZADA</b> .....	42
2.1.1. TABLEROS DE DIBUJO .....	42
2.1.2. REGLAS GRADUADAS .....	43

2.1.3. ESCUADRA Y CARTABÓN .....	43
2.1.4. REGLAS PARA LA MEDICIÓN DE ÁNGULOS .....	44
2.1.5. REGLAS DE CURVAS Y PLANTILLAS .....	44
2.1.6. COMPASES .....	44
2.1.7. LAPICEROS Y PORTAMINAS .....	45
2.1.8. ESTILÓGRAFOS DE TINTA .....	46
<b>2.2. CROQUIZACIÓN .....</b>	<b>46</b>
2.2.1. LAS LÍNEAS Y EL CROQUIS .....	46
2.2.2. CROQUIZACIÓN DE CÍRCULOS Y ARCOS .....	47
2.2.3. PROPORCIÓN EN EL CROQUIS .....	47
2.2.4. CROQUIZACIÓN DE PERSPECTIVAS ISOMÉTRICAS .....	48
<b>2.3. DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR .....</b>	<b>49</b>
<b>2.4. HARDWARE .....</b>	<b>50</b>
2.4.1. DISPOSITIVOS DE ENTRADA .....	51
2.4.2. UNIDAD CENTRAL .....	52
2.4.3. DISPOSITIVOS DE SALIDA .....	53
<b>2.5. CAD/CAM/CIM/CAE .....</b>	<b>59</b>
<b>2.6. SISTEMAS CAD .....</b>	<b>60</b>
<b>2.7. ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA CAD .....</b>	<b>61</b>
2.7.1. MÓDULO DE DIBUJO .....	62
2.7.2. AYUDAS AL DIBUJO Y HERRAMIENTAS .....	62
2.7.3. MÓDULO DE EDICIÓN .....	63
2.7.4. MÓDULO DE CONSTRUCCIÓN .....	63
2.7.5. MÓDULO DE VISUALIZACIÓN .....	63
2.7.6. ELEMENTOS DE LIBRERÍA .....	64
2.7.7. MÓDULO DE ACOTACIÓN .....	65
2.7.8. MÓDULO DE SALIDA .....	65
2.7.9. TIPOS DE SISTEMAS CAD .....	67

### 3 NORMALIZACIÓN

69

<b>3.1. TIPOS DE DIBUJOS TÉCNICOS .....</b>	<b>70</b>
3.1.1. SEGÚN EL TIPO DE REPRESENTACIÓN .....	70
3.1.2. SEGÚN EL CONTENIDO .....	70
<b>3.2. CONTENIDO DE UN DIBUJO TÉCNICO .....</b>	<b>76</b>
<b>3.3. CUADRO DE ROTULACIÓN O BLOQUE DE TÍTULOS .....</b>	<b>76</b>
<b>3.4. FORMATOS DE PAPEL Y PRESENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS GRÁFICOS EN LAS HOJAS DE DIBUJO .....</b>	<b>77</b>
3.4.1. FORMATOS .....	77
3.4.2. CUADRO DE ROTULACIÓN O BLOQUE DE TÍTULOS .....	79
3.4.3. MÁRGENES Y RECUADRO .....	79
3.4.4. SEÑALES DE CENTRADO .....	79
3.4.5. SEÑALES DE ORIENTACIÓN .....	80
3.4.6. GRADUACIÓN MÉTRICA DE REFERENCIA .....	80
3.4.7. SISTEMA DE COORDENADAS .....	80
3.4.8. SEÑALES DE CORTE .....	81

3.5. TIPOS DE LÍNEAS .....	81
3.6. ESCALAS .....	81
3.7. NUMERACIÓN DE PLANOS .....	85
3.8. LISTA DE ELEMENTOS .....	86
3.9. REFERENCIAS A ELEMENTOS .....	87
3.10. PLEGADO DE PLANOS .....	88
3.11. PLANOS DE CONJUNTO .....	88
3.12. NORMATIVA .....	91

## 4 GEOMETRÍA PROYECTIVA 93

4.1. ESPACIO PROYECTIVO .....	94
4.1.1. DEFINICIÓN .....	94
4.1.2. COORDENADAS HOMOGÉNEAS .....	94
4.2. TRANSFORMACIONES PROYECTIVAS. HOMOGRAFÍAS .....	94
4.2.1. FORMAS GEOMÉTRICAS .....	94
4.2.2. PROYECTIVIDAD Y HOMOGRAFÍA .....	95
4.2.3. HOMOGRAFÍA .....	96
4.2.4. CORRESPONDENCIA ENTRE FORMAS DE PRIMERA CATEGORÍA. SERIES LINEALES .....	96
4.2.5. CORRESPONDENCIA ENTRE FORMAS DE SEGUNDA CATEGORÍA. HOMOLOGÍA .....	97
4.2.6. LA HOMOLOGÍA EN EL PLANO .....	99
4.2.7. CASOS PARTICULARES DE HOMOLOGÍAS PLANAS .....	100
4.2.8. TEOREMA DE LAS TRES HOMOLOGÍAS .....	103
4.3. GEOMETRÍA COMPUTACIONAL .....	103
4.4. TRANSFORMACIONES .....	104
4.4.1. DILATACIONES .....	104
4.4.2. DEFORMACIONES .....	105
4.4.3. ROTACIONES .....	106
4.4.4. TRASLACIONES .....	106
4.4.5. REFLEXIONES .....	107
4.4.6. TRANSFORMACIONES COMPLEJAS .....	107
4.5. PROYECCIONES .....	108
4.5.1. PROYECCIONES AXONOMÉTRICAS .....	108
4.5.2. PROYECCIONES OBLICUAS. CABALLERA .....	112
4.5.3. PERSPECTIVAS CÓNICAS .....	112
4.5.4. REPRESENTACIÓN SOBRE SOPORTES FÍSICOS .....	116

## 5 SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN 117

5.1. SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN .....	118
5.2. PROYECCIONES .....	118
5.3. TIPOS DE SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN .....	120
5.3.1. SISTEMA DIÉDRICO .....	120
5.3.2. SISTEMA DE PLANOS ACOTADOS .....	121
5.3.3. SISTEMA AXONOMÉTRICO .....	126
5.3.4. PERSPECTIVA CABALLERA .....	136
5.3.5. PERSPECTIVA MILITAR .....	137
5.3.6. SISTEMA CÓNICO .....	137



## 6 SISTEMA DIÉDRICO 141

6.1. SISTEMA DIÉDRICO .....	142
6.2. EL PUNTO .....	145
6.3. LA RECTA .....	145
6.3.1. POSICIONES DE LA RECTA .....	146
6.3.2. SITUACIÓN DE UN PUNTO SOBRE UNA RECTA .....	149
6.3.3. POSICIONES RELATIVAS DE DOS RECTAS .....	149
6.4. EL PLANO .....	150
6.4.1. POSICIONES DEL PLANO CON RESPECTO A LOS PLANOS DE PROYECCIÓN ..	151
6.4.2. MODOS DE DEFINICIÓN DE UN PLANO .....	153
6.5. PARALELISMO Y PERPENDICULARIDAD .....	154
6.6. MEDICIÓN DE DISTANCIAS Y ÁNGULOS .....	154
6.6.1. DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS .....	154
6.6.2. CAMBIO DE PLANOS DE PROYECCIÓN .....	155
6.6.3. APLICACIONES DE LOS CAMBIOS DE PLANOS A LA DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS Y ÁNGULOS .....	157
6.7. SISTEMA DIÉDRICO DIRECTO .....	161

## 7 PRIMITIVAS GEOMÉTRICAS 163

7.1. PUNTOS .....	164
7.2. CURVAS .....	164
7.2.1. CURVAS CÓNICAS .....	165
7.2.2. CURVAS CÍCLICAS .....	170
7.2.3. HÉLICE CILÍNDRICA .....	179
7.3. SUPERFICIES .....	180
7.3.1. SUPERFICIES REGLADAS .....	182
7.3.2. CURVAS Y SUPERFICIES DE FORMA LIBRE. <i>SPLINES</i> .....	194
7.3.3. CURVAS Y SUPERFICIES DE BÉZIER .....	195
7.3.4. <i>B-SPLINES</i> .....	198
7.3.5. NURBS .....	200

## 8 INTERSECCIÓN DE SUPERFICIES 205

8.1. GEOMETRÍA CONSTRUCTIVA DE CUERPOS .....	206
8.1.1. OPERACIONES BOOLEANAS .....	206
8.1.2. ÁRBOL GCS .....	207
8.2. SITUACIÓN DE ELEMENTOS EN EL ESPACIO .....	209
8.3. PROCEDIMIENTO GENERAL DE DETERMINACIÓN DE INTERSECCIONES .....	211
8.3.1. PLANOS LÍMITE .....	212
8.4. TIPOS DE INTERSECCIÓN .....	213
8.4.1. PENETRACIÓN .....	213
8.4.2. MORDEDURA .....	213
8.4.3. TANGENCIA SIMPLE .....	214
8.4.4. TANGENCIA DOBLE .....	214

<b>8.5. TRAZADO DE INTERSECCIONES</b> .....	215
8.5.1. PROCEDIMIENTO GENERAL .....	215
8.5.2. USO DE PLANOS HORIZONTALES .....	217
8.5.3. INTERSECCIÓN ENTRE SUPERFICIES DE REVOLUCIÓN CON EJES QUE SE CORTAN .....	218
<b>8.6. VISIBILIDAD EN LA INTERSECCIÓN</b> .....	218
<b>8.7. INTERSECCIONES PARTICULARES</b> .....	220
8.7.1. INTERSECCIÓN DE DOS CILINDROS DE IGUAL DIÁMETRO .....	220
8.7.2. INTERSECCIÓN DE DOS CILINDROS DE DISTINTO DIÁMETRO .....	221
8.7.3. INTERSECCIÓN DE UN CILINDRO CON UN PARALELEPÍPEDO RECTÁNGULO ...	221
8.7.4. INTERSECCIÓN DE DOS CONOS CON EJES QUE SE CORTAN .....	222
8.7.5. INTERSECCIÓN DE DOS FIGURAS DE REVOLUCIÓN CON EJE COINCIDENTE ...	224
8.7.6. INTERSECCIÓN DE UN CONO Y UN PRISMA REGULAR DE BASE CUADRADA ...	224
8.7.7. INTERSECCIÓN DE UN CILINDRO Y UNA PIRÁMIDE RECTA DE BASE CUADRADA, CON EJES COINCIDENTES .....	225

## **9 VISTAS NORMALIZADAS**

**227**

<b>9.1. MÉTODOS DE PROYECCIÓN</b> .....	228
9.1.1. SISTEMA EUROPEO .....	228
9.1.2. SISTEMA AMERICANO .....	231
9.1.3. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PROYECCIÓN .....	232
<b>9.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS VISTAS</b> .....	233
<b>9.3. OTROS TIPOS DE VISTAS: PARTICULARES, PARCIALES Y LOCALES</b> .....	233
9.3.1. VISTAS AUXILIARES .....	235
9.3.2. CONSTRUCCIÓN DE VISTAS AUXILIARES .....	236
9.3.3. REALIZACIÓN DE UNA VISTA AUXILIAR DOBLE .....	239
<b>9.4. CORTES Y SECCIONES</b> .....	242
9.4.1. RAYADO .....	244
9.4.2. INDICACIÓN DE UN CORTE .....	246
9.4.3. CORTE POR PLANOS PARALELOS Y CORTE POR PLANOS SUCESIVOS .....	247
9.4.4. MEDIOS CORTES .....	248
9.4.5. ROTURAS .....	249
9.4.6. CORTES SOBRE PIEZAS MACIZAS .....	249
9.4.7. ELEMENTOS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDOS EN UNA PIEZA .....	251
9.4.8. SECCIONES .....	251
9.4.9. VISTAS LOCALES .....	253
9.4.10. PIEZAS CON DOS O MÁS VISTAS IDÉNTICAS .....	254
9.4.11. PIEZAS ESPECULARES .....	255
9.4.12. INDICACIÓN DE LA ORIENTACIÓN DE LAS FIBRAS .....	255
<b>9.5. SIMPLIFICACIÓN DE INTERSECCIONES</b> .....	255
<b>9.6. OTRAS INDICACIONES EN PIEZAS</b> .....	256
9.6.1. PIEZAS SIMÉTRICAS .....	257
9.6.2. DETALLES .....	258
9.6.3. LÍNEAS DE PLEGADO .....	258
9.6.4. OBJETOS TRANSPARENTES .....	259
9.6.5. PIEZAS INCLINADAS REDONDEADAS .....	259
9.6.6. PARTES MÓVILES .....	261
<b>9.7. NORMAS DE APLICACIÓN</b> .....	261

10.1. PRINCIPIOS GENERALES DE ACOTACIÓN .....	264
10.2. DISPOSICIÓN DE LAS COTAS .....	264
10.2.1. DISPOSICIÓN DE LAS CIFRAS .....	269
10.3. ACOTACIÓN DE CÍRCULOS, RADIOS, ARCOS Y ESFERAS .....	272
10.4. ACOTACIÓN DE CUADRADOS .....	274
10.5. ESPESORES .....	274
10.6. COTAS DEDUCIDAS .....	275
10.7. RESUMEN DE LOS SÍMBOLOS UTILIZADOS .....	275
10.8. DISPOSICIÓN GENERAL DE LAS COTAS .....	275
10.8.1. ACOTACIÓN CON COTAS SUPERPUSTAS .....	276
10.8.2. COTAS PARAMÉTRICAS .....	278
10.9. ELEMENTOS EQUIDISTANTES Y ELEMENTOS REPETITIVOS .....	278
10.10. OTRAS INDICACIONES .....	280
10.11. ACOTACIÓN DE PERFILES .....	280
10.12. SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ACOTACIÓN .....	280
10.12.1. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS .....	281
10.13. ACOTACIÓN PARA LA FABRICACIÓN .....	287
10.13.1. ACOTACIÓN PARA PROCESOS DE ARRANQUE DE VIRUTA .....	297
10.13.2. ACOTACIÓN DE ROSCAS .....	297
10.13.3. REPRESENTACIÓN Y ACOTACIÓN DE PIEZAS DOBLADAS Y PLEGADAS .....	300
10.13.4. REPRESENTACIÓN Y ACOTACIÓN DE PIEZAS EMBUTIDAS Y ESTAMPADAS .....	301
10.13.5. REPRESENTACIÓN Y ACOTACIÓN DE PIEZAS FABRICADAS MEDIANTE MOLDES .....	302
10.13.6. PIEZAS EN BRUTO .....	306
10.13.7. ACOTACIÓN DE INDICACIONES ESPECIALES EN SUPERFICIES .....	307
10.14. SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ACOTACIÓN DE UNA PIEZA .....	307
10.15. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE COTAS .....	311
10.15.1. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN .....	312
10.15.2. FUNCIÓN DE LAS PIEZAS .....	312
10.15.3. VERIFICACIÓN Y CONTROL .....	313
10.16. REGLAS GENERALES .....	313
10.17. NORMATIVA .....	314

11.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN .....	316
11.1.1. FABRICACIÓN POR FORMACIÓN .....	316
11.1.2. FABRICACIÓN POR CONFORMACIÓN .....	317
11.2. FABRICACIÓN POR ARRANQUE DE MATERIAL .....	319
11.2.1. TORNEADO .....	319
11.2.2. TALADRADO .....	321
11.2.3. FRESADO .....	322
11.2.4. CEPILLADO Y MORTAJADO .....	323
11.2.5. BROCHADO .....	323
11.2.6. ESMERILADO .....	324
11.2.7. ROSCADO DE PIEZAS .....	324

11.3. TOMA DE MEDIDAS .....	325
11.4. MEDICIÓN DE LONGITUDES .....	326
11.4.1. REGLA GRADUADA .....	326
11.4.2. COMPASES Y CALIBRES .....	326
11.4.3. PIE DE REY .....	326
11.4.4. MICRÓMETRO .....	329
11.5. APARATOS PARA MEDICIÓN DE ÁNGULOS .....	331

## **12** MATERIALES **333**

12.1. PROPIEDADES .....	334
12.2. MATERIALES METÁLICOS .....	335
12.2.1. FUNDICIONES .....	335
12.2.2. ACEROS .....	336
12.3. MATERIALES POLIMÉRICOS .....	338
12.3.1. SUMINISTRO DE LOS PLÁSTICOS .....	340
12.3.2. RECICLAJE DE LOS PLÁSTICOS .....	341
12.4. FIBRAS TEXTILES .....	341
12.4.1. FIBRAS NATURALES VEGETALES Y ANIMALES .....	342
12.5. FIBRAS MINERALES .....	342
12.6. FIBRAS SINTÉTICAS Y ARTIFICIALES .....	343
12.7. OTROS MATERIALES .....	345

## **13** TOLERANCIAS DIMENSIONALES **347**

13.1. TOLERANCIAS DIMENSIONALES .....	348
13.1.1. DEFINICIONES .....	348
13.1.2. REPRESENTACIÓN DE LAS TOLERANCIAS .....	350
13.1.3. CALIDAD DE LA TOLERANCIA .....	351
13.1.4. POSICIÓN DE LA ZONA DE TOLERANCIA .....	351
13.2. AJUSTES .....	356
13.2.1. TIPOS DE AJUSTE .....	356
13.2.2. REPRESENTACIÓN DE LOS AJUSTES .....	358
13.2.3. ELECCIÓN DE LOS AJUSTES, APLICACIONES .....	360
13.3. CÁLCULO DE AJUSTES .....	361
13.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL AJUSTE DADAS LAS TOLERANCIAS.....	361
13.3.2. DETERMINACIÓN DE AJUSTES NORMALIZADOS .....	369
13.3.3. SISTEMA MIXTO .....	369
13.4. TOLERANCIAS GENERALES DIMENSIONALES .....	371
13.5. VERIFICACIÓN DE LAS TOLERANCIAS DIMENSIONALES .....	372
13.6. NORMATIVA .....	373

## **14** TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS **375**

14.1. ZONA DE TOLERANCIA .....	376
14.2. INDICACIONES EN LOS DIBUJOS .....	376

14.2.1. SÍMBOLOS .....	376
14.2.2. POSICIÓN DE ZONAS DE TOLERANCIA. COTAS TEÓRICAMENTE EXACTAS ...	377
14.2.3. RECTÁNGULO DE TOLERANCIA .....	377
<b>14.3. REFERENCIAS Y ELEMENTOS DE REFERENCIA .....</b>	<b>379</b>
14.3.1. ESTABLECIMIENTO DE REFERENCIAS .....	380
14.3.2. REFERENCIA COMÚN A DOS ELEMENTOS .....	381
14.3.3. SISTEMA DE REFERENCIAS .....	381
14.3.4. GRUPOS DE ELEMENTOS DEFINIDOS COMO REFERENCIAS .....	383
14.3.5. REFERENCIAS PARCIALES .....	383
<b>14.4. OTRAS INDICACIONES .....</b>	<b>384</b>
14.4.1. FORMA Y ORIENTACIÓN DE LA ZONA DE TOLERANCIA .....	384
14.4.2. ZONAS INDIVIDUALES CON IGUAL TOLERANCIA .....	386
14.4.3. INDICACIÓN DE “ZONA COMÚN” .....	386
14.4.4. TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS APLICADAS A LONGITUDES PARCIALES DE ELEMENTOS .....	386
14.4.5. TOLERANCIA APLICADA A UN CONTORNO O A UNA SUPERFICIE COMPLETA ...	387
14.4.6. TOLERANCIAS Y REFERENCIAS ESPECIFICADAS PARA ROSCAS, ACANALADURAS Y ENGRANAJES .....	388
<b>14.5. INTERPRETACIÓN DE LAS DISTINTAS TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS .....</b>	<b>389</b>
14.5.1. TOLERANCIAS DE FORMA .....	389
14.5.2. TOLERANCIAS DE ORIENTACIÓN .....	391
14.5.3. TOLERANCIAS DE SITUACIÓN .....	394
14.5.4. TOLERANCIAS DE ALABEO .....	396
14.5.5. TOLERANCIAS DE PERFILES .....	397
<b>14.6. TOLERANCIAS GENERALES GEOMÉTRICAS .....</b>	<b>399</b>
14.6.1. TOLERANCIAS PARA ELEMENTOS AISLADOS .....	399
14.6.2. TOLERANCIAS PARA ELEMENTOS ASOCIADOS .....	400
<b>14.7. RELACIÓN ENTRE TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y GEOMÉTRICAS .....</b>	<b>401</b>
14.7.1. DEFINICIONES .....	403
14.7.2. REQUISITO DE LA ENVOLVENTE .....	404
14.7.3. REQUISITO DE MÁXIMO MATERIAL .....	406
14.7.4. REQUISITO DE MÍNIMO MATERIAL .....	409
14.7.5. ESPECIFICACIÓN CONJUNTA DEL REQUISITO DE ENVOLVENTE Y EL REQUISITO DE MÁXIMO MATERIAL .....	411
14.7.6. REQUISITO DE RECIPROCIDAD .....	412
14.7.7. APLICACIONES .....	413
14.7.8. PIEZAS NO RÍGIDAS .....	423
<b>14.8. CRITERIOS GENERALES DE APLICACIÓN DE LAS TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS</b>	<b>424</b>
14.8.1. REQUISITO DE ENVOLVENTE .....	424
14.8.2. PRINCIPIO DE INDEPENDENCIA .....	425
14.8.3. REQUISITO DE MÁXIMO MATERIAL (MMR) .....	425
14.8.4. REQUISITO DE MÍNIMO MATERIAL (LMR) .....	425
14.8.5. REFERENCIAS .....	425
14.8.6. TOLERANCIAS DE FORMA .....	425
14.8.7. TOLERANCIAS DE ORIENTACIÓN .....	426
14.8.8. TOLERANCIAS DE SITUACIÓN .....	427
14.8.9. TOLERANCIAS DE ALABEO .....	428
14.8.10. TOLERANCIAS DE PERFILES .....	429
<b>14.9. NORMATIVA .....</b>	<b>430</b>

## 15 ANÁLISIS FUNCIONAL 431

15.1. CADENAS DE COTAS .....	432
15.1.1. MÉTODO DEL CASO MÁS DESFAVORABLE .....	432
15.1.2. MÉTODOS ESTADÍSTICOS .....	433
15.1.3. APLICACIÓN A MONTAJES Y CONJUNTOS .....	435
15.2. ANÁLISIS CON TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS .....	436
15.2.1. CONTROLES DE FORMA .....	437
15.2.2. CONTROLES DE ORIENTACIÓN .....	437
15.2.3. CADENA DE COTAS .....	438
15.2.4. TOLERANCIAS DE POSICIÓN .....	438
15.2.5. TOLERANCIAS DE COAXIALIDAD Y SITUACIÓN .....	440
15.3. ESPECIFICACIÓN DE TOLERANCIAS ESTADÍSTICAS .....	440
15.4. TRANSFERENCIA DE COTAS .....	441

## 16 ESTADOS SUPERFICIALES 447

16.1. IRREGULARIDADES SUPERFICIALES .....	448
16.2. DEFINICIONES PREVIAS .....	448
16.2.1. SÍMBOLOS UTILIZADOS EN LOS PLANOS .....	449
16.2.2. INDICACIONES SOBRE LOS SÍMBOLOS DE CALIDAD SUPERFICIAL .....	450
16.2.3. INDICACIONES EN LOS DIBUJOS .....	453
16.2.4. EJEMPLOS .....	456
16.2.5. ESTADOS SUPERFICIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN .....	457
16.3. NORMATIVA .....	457

## 17 UNIONES PERMANENTES. SOLDADURA 459

17.1. UNIONES SOLDADAS .....	460
17.2. REPRESENTACIÓN DE SOLDADURAS .....	460
17.2.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA .....	461
17.2.2. REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA .....	461
17.3. DESIGNACIÓN DE LAS UNIONES SOLDADAS .....	467
17.4. EJEMPLO DE UNIONES SOLDADAS .....	469
17.5. UNIONES ENCOLADAS O ADHESIVAS .....	474
17.5.1. REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE JUNTAS ENCOLADAS, PLEGADAS Y PRENSADAS .....	475
17.6. NORMATIVA .....	476

## 18 UNIONES ROSCADAS. ELEMENTOS ACCESORIOS, REMACHES Y MUELLES 477

18.1. CARACTERÍSTICAS DE UNA ROSCA. DEFINICIONES .....	478
18.2. PERFILES DE ROSCA. TIPOS .....	479

18.2.1.	ROSCA MÉTRICA ISO .....	479
18.2.2.	ROSCA WHITWORTH .....	479
18.2.3.	ROSCA TRAPEZOIDAL .....	480
18.2.4.	ROSCA REDONDA .....	480
18.2.5.	ROSCA EN DIENTES DE SIERRA .....	481
18.2.6.	DESIGNACIÓN DE LAS ROSCAS .....	481
<b>18.3.</b>	<b>FUNCIONES DE LAS UNIONES ROSCADAS .....</b>	<b>481</b>
<b>18.4.</b>	<b>REPRESENTACIÓN CONVENCIONAL Y ACOTACIÓN DE LAS ROSCAS .....</b>	<b>483</b>
<b>18.5.</b>	<b>TORNILLOS .....</b>	<b>484</b>
18.5.1.	TORNILLOS METÁLICOS .....	486
18.5.2.	TORNILLOS PARA CHAPA Y AUTOTERRAJANTES .....	489
18.5.3.	TORNILLOS PARA MADERA .....	489
18.5.4.	ACOTACIÓN LONGITUDINAL DE TORNILLOS Y ESPÁRRAGOS .....	490
18.5.5.	DESIGNACIÓN DE LOS TORNILLOS .....	491
<b>18.6.</b>	<b>TUERCAS .....</b>	<b>491</b>
18.6.1.	TUERCAS APRETADAS CON LLAVE .....	492
18.6.2.	TUERCAS APRETADAS A MANO .....	492
18.6.3.	DESIGNACIÓN DE LAS TUERCAS .....	494
<b>18.7.</b>	<b>PERNOS .....</b>	<b>494</b>
<b>18.8.</b>	<b>ESPÁRRAGOS METÁLICOS .....</b>	<b>496</b>
<b>18.9.</b>	<b>INSERTOS ROSCADOS .....</b>	<b>496</b>
<b>18.10.</b>	<b>ARANDELAS .....</b>	<b>498</b>
<b>18.11.</b>	<b>PASADORES .....</b>	<b>499</b>
<b>18.12.</b>	<b>INMOVILIZACIÓN DE TORNILLOS Y TUERCAS .....</b>	<b>501</b>
18.12.1.	INMOVILIZACIÓN DE RELATIVA SEGURIDAD .....	501
18.12.2.	INMOVILIZACIÓN TOTAL DE TORNILLOS Y TUERCAS .....	504
<b>18.13.</b>	<b>CALIDADES DE LOS MATERIALES DE TORNILLERÍA .....</b>	<b>504</b>
<b>18.14.</b>	<b>LLAVES PARA TORNILLOS Y TUERCAS .....</b>	<b>505</b>
<b>18.15.</b>	<b>REMACHES .....</b>	<b>505</b>
18.15.1.	TIPOS DE REMACHE .....	506
18.15.2.	DIÁMETROS DE LAS ESPIGAS .....	508
<b>18.16.</b>	<b>REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE LOS REMACHES Y TORNILLOS .....</b>	<b>508</b>
18.16.1.	UNIONES REMACHADAS NO NORMALIZADAS .....	509
<b>18.17.</b>	<b>MUELLES .....</b>	<b>511</b>
18.17.1.	RESORTES DE COMPRESIÓN .....	511
18.17.2.	RESORTES DE TRACCIÓN .....	514
18.17.3.	RESORTES DE TORSIÓN .....	516
18.17.4.	OTROS TIPOS DE MUELLE .....	518
<b>18.18.</b>	<b>GRAPILLAS Y ABRAZADERAS .....</b>	<b>518</b>
<b>18.19.</b>	<b>NORMATIVA .....</b>	<b>519</b>

## **19 EJES Y ÁRBOLES. EMBRAGUES Y ACOPLAMIENTOS 523**

<b>19.1.</b>	<b>EJES Y ÁRBOLES .....</b>	<b>524</b>
<b>19.2.</b>	<b>DIMENSIONES Y FORMAS DE EJES Y ÁRBOLES .....</b>	<b>524</b>
<b>19.3.</b>	<b>CHAVETAS Y ACANALADURAS .....</b>	<b>526</b>
19.3.1.	CHAVETAS LONGITUDINALES .....	527
19.3.2.	ENCHAVETADOS FORZADOS .....	527

19.3.3. ENCHAVETADOS LIBRES .....	528
19.3.4. LENGÜETAS REDONDAS .....	529
19.3.5. CHAVETAS TANGENCIALES .....	530
19.3.6. REPRESENTACIÓN EN PLANOS Y ACOTACIÓN DE CHAVETAS, LENGÜETAS Y RANURAS .....	530
<b>19.4. EJES ACANALADOS O EJES NERVADOS .....</b>	<b>532</b>
19.4.1. RANURADOS DE FLANCOS RECTOS .....	532
19.4.2. RANURADOS CON FLANCOS DE EVOLVENTE .....	533
19.4.3. RANURADOS CON DENTADO ENTALLADO .....	533
19.4.4. REPRESENTACIÓN Y ACOTACIÓN EN PLANOS DE ACANALADURAS .....	534
<b>19.5. COJINETES ANTIFRICCIÓN .....</b>	<b>536</b>
<b>19.6. TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO .....</b>	<b>537</b>
19.6.1. MECANISMO DE BIELA-MANIVELA .....	537
19.6.2. LEVAS Y EXCÉNTRICAS .....	539
19.6.3. LEVAS CON MOVIMIENTO UNIFORME .....	540
19.6.4. LEVAS CON MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO Y RETARDADO .....	541
19.6.5. LEVAS CON MOVIMIENTO ARMÓNICO .....	542
19.6.6. ACOTACIÓN DE LEVAS .....	543
<b>19.7. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE GIRO .....</b>	<b>543</b>
19.7.1. TRINQUETES .....	543
19.7.2. ACOPLAMIENTOS DE TRANSMISIONES .....	544
19.7.3. FRENOS Y EMBRAGUES .....	547
19.7.4. FRENO DE TAMBOR .....	548
19.7.5. EMBRAGUES AXIALES DE FRICCIÓN .....	548
19.7.6. FRENOS DE DISCO .....	548
19.7.7. FRENOS CÓNICOS .....	548
<b>19.8. NORMATIVA .....</b>	<b>549</b>

## **20** RODAMIENTOS **551**

<b>20.1. TIPOS DE RODAMIENTOS .....</b>	<b>552</b>
20.1.1. RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS .....	552
20.1.2. RODAMIENTOS DE BOLAS A RÓTULA .....	552
20.1.3. RODAMIENTOS DE BOLAS CON CONTACTO ANGULAR .....	552
20.1.4. RODAMIENTOS DE RODILLOS CILÍNDRICOS .....	553
20.1.5. RODAMIENTOS DE AGUJAS .....	554
20.1.6. RODAMIENTOS DE RODILLOS A RÓTULA .....	554
20.1.7. RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS .....	554
20.1.8. RODAMIENTOS AXIALES DE BOLAS .....	555
20.1.9. RODAMIENTOS AXIALES DE RODILLOS .....	556
20.1.10. RODAMIENTOS AXIALES DE AGUJAS .....	556
<b>20.2. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE RODAMIENTO .....</b>	<b>556</b>
20.2.1. ESPACIO DISPONIBLE .....	557
20.2.2. CARGAS .....	558
20.2.3. DESALINEACIÓN .....	560
20.2.4. VELOCIDAD .....	561
20.2.5. FUNCIONAMIENTO SILENCIOSO .....	562
20.2.6. RIGIDEZ .....	562
20.2.7. DESPLAZAMIENTO AXIAL .....	562
20.2.8. MONTAJE Y DESMONTAJE .....	563



<b>20.3. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL RODAMIENTO</b> .....	564
20.3.1. CAPACIDAD DE CARGA Y VIDA .....	564
<b>20.4. DIMENSIONES DE LOS RODAMIENTOS</b> .....	564
<b>20.5. MONTAJE DE LOS RODAMIENTOS</b> .....	565
20.5.1. DISPOSICIÓN DE LOS RODAMIENTOS .....	565
20.5.2. FIJACIÓN RADIAL DE LOS RODAMIENTOS .....	567
20.5.3. FIJACIÓN AXIAL DE LOS RODAMIENTOS .....	575
20.5.4. RESUMEN SINÓPTICO DE LA FIJACIÓN DE LOS RODAMIENTOS RADIALES ...	577
<b>20.6. LUBRICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS</b> .....	580
<b>20.7. OBTURACIONES</b> .....	580
20.7.1. TIPOS DE OBTURACIÓN .....	580
<b>20.8. REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE RODAMIENTOS Y OBTURADORES</b> ....	582
20.8.1. REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE RODAMIENTOS .....	582
20.8.2. REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE OBTURADORES .....	585
<b>20.9. NORMATIVA</b> .....	586

## **21 ENGRANAJES, CADENAS, POLEAS Y CORREAS 589**

<b>21.1. ÍNDICE DE REDUCCIÓN</b> .....	590
<b>21.2. ENGRANAJES</b> .....	590
21.2.1. TRENES DE ENGRANAJES .....	590
21.2.2. TIPOS DE ENGRANAJE .....	591
21.2.3. REPRESENTACIÓN DE LOS ENGRANAJES .....	592
21.2.4. ENGRANAJES CILÍNDRICO-RECTOS .....	596
21.2.5. ENGRANAJES CILÍNDRICO-HELICOIDALES .....	601
21.2.6. TORNILLO SIN FIN Y CORONA .....	605
21.2.7. ENGRANAJES CÓNICOS .....	608
21.2.8. PIÑÓN Y CREMALLERA .....	614
<b>21.3. CADENAS</b> .....	615
21.3.1. REPRESENTACIÓN EN PLANOS .....	618
<b>21.4. POLEAS</b> .....	619
<b>21.5. CABLES</b> .....	619
<b>21.6. CORREAS</b> .....	620
<b>21.7. NORMATIVA</b> .....	621

## **ANEXO 1. EJERCICIOS 623**

## **ANEXO 2. TABLAS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS 825**

## **ÍNDICE DE TÉRMINOS 859**

## **BIBLIOGRAFÍA 869**