

669.71
294
H

MANUAL DEL ALUMINIO

PRINCIPIOS Y PROCEDIMIENTOS
MODERNOS DE FABRICACIÓN

DETALLADA EXPOSICIÓN
DE LAS REALIZACIONES
ACTUALES DE ESTA
IMPORTANTE INDUSTRIA

PUBLICADO EN ALEMAN POR ALUMINIUM-ZENTRALE e. V

Supervisores

ING. DIP. JOHANNES REIPRICH
ING. DIP. WILHELM VON ZWEHL



4114

EDITORIAL REVERTÉ, S. A. _____
MCMXIX BARCELONA · BUENOS AIRES · MÉXICO

Título de la obra original

ALUMINIUM-TASCHENBUCH

(11 edición)

Editada por

ALUMINIUM VERLAG GMBH. - Düsseldorf

Versión española por

Carlos Saenz de Magarola, Ingeniero Industrial
y **José Beltrán**, Catedrático de la Facultad de Ciencias
de la Universidad de Valencia

© EDITORIAL REVERTÉ, S. A.

DEPÓSITO LEGAL B. 6351. - 1959

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN

	Página
1-1. Historia del aluminio.....	1
1-2. Desarrollo de la economía del aluminio.....	6

2. DE LA MATERIA PRIMA AL ALUMINIO

2-1. Materias primas.....	9
2-2. Proceso de obtención del lingote (aluminio de primera fusión).....	9
2-21. Obtención de la alúmina por el procedimiento Bayer.....	9
2-22. Obtención del aluminio técnico por electrólisis de la alúmina.....	11
2-3. Obtención del aluminio puro.....	11
2-4. Elaboración de las chatarras de aluminio.....	12
2-5. S. A. P., Material de aluminio sinterizado, muy resistente al calor.....	14
2-6. Proceso de los semiproductos.....	14
2-61. Fundición de lingotes y de tochos para laminación.....	14
2-62. Laminación de chapas y flejes.....	16
2-63. Extrusión de redondos, perfiles y tubos.....	17
2-64. Estirado de barras, perfiles, tubos y alambres.....	18

3. EL ALUMINIO

3-1. Explicación de las abreviaturas normalizadas.....	23
3-2. Clasificación del aluminio.....	24
3-3. Constitución de las aleaciones de aluminio.....	27
3-4. Normalización.....	31
3-5. Formas comerciales.....	33
3-6. Marcas registradas alemanas.....	36
3-7. Designaciones extranjeras para el aluminio.....	40

4. PROPIEDADES DEL ALUMINIO

4-1. Composición.....	47
4-11. Aluminio técnico (aluminio de primera fusión).....	47
4-12. Aluminio puro y aleaciones obtenidas del mismo.....	47
4-13. Aleaciones de forja.....	48
4-14. Aleaciones de fusión.....	49
4-15. Aleaciones de la lista standard no normalizadas.....	50
4-16. Aleaciones para pistones.....	50
4-17. Aleaciones para adición.....	51
4-18. Aleaciones de reducción (desoxidación).....	51
4-19. Aleaciones previas.....	51
4-2. Propiedades físicas.....	52
4-21. Propiedades físicas del aluminio técnico y del aluminio puro.....	52
4-22. Propiedades físicas del aluminio y algunos otros metales.....	54
4-3. Módulos de resistencia.....	56
4-31. Módulos de resistencia de los semiproductos de aluminio técnico.....	56
4-32. Módulos de resistencia de los semiproductos de aluminio puro y sus aleaciones.....	60
4-33. Módulos de resistencia de semiproductos de aleaciones forjables de aluminio.....	62
4-34. Módulos de resistencia, temperatura de colada y contracción de fundición en arena y en coquilla.....	71
4-35. Resistencia y comportamiento de las aleaciones para moldeo a presión (fundición inyectada).....	74
4-36. Módulos de resistencia y propiedades físicas de las aleaciones de aluminio para pistones.....	75
4-4. Resistencia a la fatiga.....	76
4-41. Fundamento de la resistencia a la fatiga.....	76
4-42. Representación de la resistencia a la fatiga.....	78
4-43. Valores de orientación de la resistencia a la fatiga.....	79
4-44. Factores que influyen en la resistencia a la fatiga.....	82
4-5. Resistencia en caliente.....	84
4-51. Materiales de forja.....	84
4-52. Influencia del calentamiento en las aleaciones de fusión.....	96
4-53. Material de aluminio sinterizado S. A. P.....	104
4-6. Propiedades de radiación.....	105
4-61. Irradiación térmica.....	105
4-62. Reflexión.....	106
4-7. Propiedades de fricción.....	109
4-8. Capacidad de embutición.....	112
4-91. Propiedades acústicas.....	113
4-92. Propiedades magnéticas.....	113

5. PROPIEDADES QUÍMICAS Y COMPORTAMIENTO QUÍMICO

5-1.	Propiedades químicas.....	117
5-12.	Clases de corrosión y forma de actuar.....	118
5-13.	Influencia de los elementos de adición.....	120
5-14.	Influencia de la constitución superficial.....	121
5-15.	Influencia de los inhibidores (Substancias protectoras).....	121
5-2.	Comportamiento químico.....	122
5-3.	Inocuidad desde el punto de vista sanitario. Comportamiento en la higiene de la alimentación.....	143
5-31.	Cantidad de aluminio en los alimentos.....	143

6. ENSAYO DE MATERIALES

6-1.	Medios sencillos para diferenciar las distintas clases de aluminio.....	143
6-11.	Detección de laminillas e inclusiones metálicas.....	146
6-12.	Ensayos sencillos a la gota con sosa cáustica.....	146
6-13.	Marcha de análisis completo abreviado.....	146
6-14.	Diferenciación de las torneaduras de aluminio.....	154
6-15.	Ensayo de dureza comparada.....	157
6-2.	Ensayos mecánicos y tecnológicos.....	157
6-21.	Ensayo con sollicitación estática.....	157
6-22.	Ensayos con sollicitación por impacto.....	162
6-23.	Ensayos bajo cargas oscilantes.....	162
6-24.	Ensayos tecnológicos.....	163
6-25.	El ensayo de la facilidad de trabajo con arranque de viruta.....	166
6-26.	Ensayo de desgaste.....	166
6-27.	Ensayo de uniones soldadas.....	166
6-28.	Especificaciones para el ensayo de recipientes a presión.....	167
6-3.	Análisis químico.....	167
6-31.	Directrices para el empleo de los métodos de análisis para la determinación de los componentes e impurezas del aluminio.....	168
6-4.	Análisis espectral.....	169
6-5.	Ensayos macroscópicos y microscópicos sobre la estructura.....	170
6-51.	Ensayos macroscópicos.....	170
6-52.	Estudio microscópico.....	174
6-6.	Ensayo de materiales sin destruirlos.....	177
6-61.	Ensayo por medio de los rayos X.....	177
6-62.	Procedimiento de las corrientes parásitas.....	180
6-63.	Ensayo con ultrasonidos.....	186
6-7.	Ensayo de la resistencia química.....	189

7. NORMAS DIRECTRICES DE CARÁCTER GENERAL PARA EL TALLER MECÁNICO Y MONTAJE

7-1.	Almacenamiento y designación.....	197
7-11.	Colores característicos para materiales forjables de aluminio.....	198
7-2.	Manejo en el almacenaje y transporte.....	198
7-3.	Manejo durante el trabajo.....	199
7-4.	Aislamiento en construcciones mixtas.....	201
7-41.	Naturaleza de la formación de elementos de contacto.....	201
7-42.	Ejecución del aislamiento.....	204
7-5.	Acción de los materiales de construcción inmediatos.....	207
7-6.	Acción de trazas metálicas.....	208
7-7.	Acción de las corrientes eléctricas.....	208
7-8.	Comportamiento en caso de heridas.....	209

8. RESUMEN DE LAS PROPIEDADES, APLICACIONES Y ELABORACIÓN DE LAS ALEACIONES FORJABLES DE ALUMINIO

8-1.	Materiales no templables (de dureza natural).....	211
8-11.	Aluminio técnico.....	211
8-12.	Aluminio puro y sus aleaciones.....	212
8-13.	AlMg 3, AlMg 5, AlMg 7, y AlMg 3 Si.....	213
8-14.	AlMgMn (Aluminio-Magnesio-Manganeso).....	214
8-15.	AlMn (Aluminio-Manganeso).....	215
8-2.	Aleaciones templables.....	216
8-21.	AlCuMg (Aluminio-Cobre-Magnesio).....	216
8-22.	AlCuNi (Aluminio-Cobre-Níquel).....	218
8-23.	AlZnMgCu (Aluminio-Cinc-Magnesio-Cobre) y AlZnMg.....	219
8-24.	AlMgSi (Aluminio-Magnesio-Silicio).....	219
8-3.	SAP (Material de aluminio sinterizado).....	220

9. COLADA DEL ALUMINIO

	Página
9-1. Técnica de la colada en general.....	222
9-11. Vaciableidad	222
9-12. Capacidad para llenar los moldes.....	222
9-13. Rechupes	223
9-14. Fragilidad en caliente.....	224
9-15. Contracción	224
9-2. Fusión.....	225
9-21. Tendencia a la oxidación.....	226
9-22. Tendencia a la absorción de gases.....	226
9-23. Refinación del caldo de aluminio.....	228
9-3. Ennoblecimiento del G AlSi.....	231
9-4. Hornos y utilillaje para la colada.....	232
9-41. Hornos de fusión.....	232
9-42. Hornos de mantenimiento del calor (de entretenimiento)	235
9-43. Factores económicos en los hornos de fusión.....	236
9-44. Crisoles y accesorios.....	237
9-5. Colada en arena.....	238
9-51. Materiales para moldes.....	238
9-52. Modelos.....	239
9-53. Moldes.....	239
9-54. Colada	242
9-55. Tolerancias dimensionales para aleaciones ligeras coladas.....	242
9-6. Colada en coquilla	245
9-61. Coquillas.....	245
9-62. Bebederos, alimentadores y mazarotas.....	246
9-63. Colada	246
9-64. Colada vaciada.....	247
9-7. Colada a presión	247
9-71. Aleaciones para fundición a presión.....	247
9-72. Técnica de procedimiento.....	247
9-73. Propiedades de las piezas coladas a presión.....	248
9-74. Fundición centrifugada.....	249
9-8. Inclusión de otros materiales al fundir. Fundición compuesta	249
9-81. Procedimiento sin soldadura metálica.....	249
9-82. Procedimiento Al-Fin (Fundición compuesta hierro-aluminio)	250
9-9. Limpieza y ensayo de las piezas coladas.....	250
9-91. Limpieza.....	250
9-92. Ensayo	251
9-93. Reparación o corrección de las pequeñas deficiencias	251

10. MODO DE DAR FORMA SIN ARRANQUE DE VIRUTA A LOS MATERIALES MALEABLES

10-1. Fundamento de la deformación plástica.....	257
10-11. Forjabilidad en frío.....	257
10-12. Forjabilidad en caliente	259
10-2. Tratamiento térmico.....	260
10-21. Recocido de ablandamiento.....	260
10-22. Recristalización.....	264
10-23. Recocido de homogeneización (recocido de disolución).....	265
10-24. Recocido de relajamiento.....	265
10-25. Temple	266
10-3. Hornos de temple y recocido	273
10-31. Hornos de baño de sales.....	273
10-32. Hornos de circulación de aire	274
10-33. Comparación entre los hornos de sales y los de circulación de aire	274
10-4. Mediciones de temperatura.....	275
10-41. Fundición y colada	276
10-42. Recocido y temple	277
10-43. Laminado, prensado, forja.....	277
10-44. Control de temperatura con auxiliares sencillos.....	278
10-5. Modos de dar forma en caliente.....	280
10-51. Forjado libre	280
10-52. Forja en estampa.....	282
10-53. Curvado en caliente.....	285
10-6/7. Modos de dar forma en frío.....	285
10-6. Conformación manual y procedimiento de estampación	285
10-61. Cortado	286
10-62. Doblado	288
10-63. Abombado	295
10-64. Otros modos de dar forma	297
10-7. Fabricación de cuerpos huecos.....	298
10-71. Repulsado.....	298
10-72. Embutición profunda.....	299
10-73. Procedimientos especiales de embutición	304

10-74.	Extrusión.....	307
10-8.	Máquinas herramientas para estampados.....	311
10-9.	Aceros de herramientas para conformación en caliente y en frío.....	312
10-91.	Aceros para dar forma en frío.....	312
10-92.	Aceros para la conformación en frío.....	315
10-93.	El tratamiento térmico de los aceros.....	318

11. TRABAJO CON ARRANQUE DE VIRUTA (MECANIZADO)

11-1.	Comportamiento de los materiales.....	325
11-2.	Máquinas y herramientas.....	326
11-21.	Máquinas herramientas.....	326
11-22.	Herramientas.....	326
11-3.	Refrigeración y lubricación.....	328
11-4.	Condiciones generales que rigen en el mecanizado.....	328
11-41.	Características de mecanización.....	330
11-42.	Valores prácticos para el mecanizado.....	332
11-5.	Procedimientos de mecanizado.....	337
11-51.	Torneado.....	337
11-52.	Cepillado, limado y mortajado.....	339
11-53.	Fresado.....	340
11-54.	Ejecución de taladros.....	342
11-55.	Tallado de roscas.....	349
11-56.	Aserrado.....	353
11-57.	Limado.....	354
11-58.	Esmerilado.....	355
11-59.	Afinado con bola, vaciado, repasado (rectificado planetario).....	356
11-6.	Trabajo en tornos automáticos.....	356
11-7.	Trabajo fino con herramientas de diamante.....	357

12. UNIONES

12-1.	Uniones desacoplables.....	363
12-11.	Uniones de charnela, articuladas y de sujeción o apriete.....	363
12-12.	Tornillos.....	364
12-2/5.	Uniones no desacoplables.....	368
12-2.	Uniones mecánicas.....	368
12-21.	Machihembrado.....	368
12-22.	Punzonado.....	369
12-23.	Uniones forzadas.....	369
12-3.	Roblonado.....	369
12-31.	Fundamentos.....	369
12-32.	Material de los roblores.....	370
12-33.	Formas de roblores.....	372
12-34.	Procedimientos del remachado ciego.....	376
12-35.	Ejecución de uniones roblonadas normales.....	380
12-36.	Herramientas para roblonar.....	384
12-37.	Cosido de planchas.....	388
12-4.	Pegado.....	389
12-41.	Clasificación de los tipos de adhesivos.....	389
12-42.	Pegado para fines generales.....	390
12-43.	Pegamiento de metal en piezas cargadas.....	396
12-44.	Modo de realizar una unión por pegamiento.....	398
12-45.	Enmasillado.....	399
12-5.	Soldadura.....	400
12-51.	Principio.....	400
12-52/54.	Soldadura por fusión.....	402
12-52.	Soldadura por medio de gas.....	402
12-53/54.	Soldadura eléctrica por fusión.....	410
12-53.	Soldadura de arco voltaico.....	410
12-54.	Soldadura con gas raro.....	414
12-55.	Procedimiento Weibel (Fesa).....	419
12-6.	Normas directrices de carácter general para la soldadura por fusión.....	420
12-61.	Soldadura de aleaciones.....	420
12-62.	Soldadura de diversos semiproductos.....	421
12-63.	Organización de las soldaduras en función de los procedimientos de soldadura.....	423
12-7.	Soldadura por medio de presión.....	424
12-71.	Soldadura por presión en frío.....	424
12-72.	Soldadura al martillo.....	424

	Página
12-82. Soldaduras de chapado.....	432
12-83. Soldadura blanda.....	434
12-9. Trabajos de reparación.....	435
12-91. Soldadura y reparación de piezas fundidas.....	435
12-92. Reparación de vajillas de aluminio.....	440

13. TRATAMIENTOS DE LAS SUPERFICIES

13-0. Procedimientos de tratamiento de las superficies y sus aplicaciones. Visión de conjunto.....	447
13-1. Tratamiento mecánico de las superficies.....	440
13-11. Eliminación de rebabas y limpieza.....	454
13-12. Esmerilado.....	454
13-13. Pulimentación.....	454
13-14. Rectificado mate o pulimento con cepillo de fibras.....	456
13-15. Cepillado con cepillos o brochas de hilo de acero (satinado).....	456
13-16. Esmerilado a mano, esmerilado con abrasivos.....	457
13-17. Tratamiento con chorros.....	457
13-2. Tratamiento químico de las superficies.....	458
13-21. Decapado.....	458
13-22. Mordentado.....	463
13-23. Mordentado profundo.....	463
13-3. Capas químicas de protección.....	465
13-31. La película de óxido natural y su esfuerzo.....	465
13-32. Refuerzo de la película de óxido por acción del agua hirviendo o vapor.....	466
13-33. Refuerzo de la película de óxido mediante oxidación química.....	470
13-34. Cromatado.....	474
13-35. Fosfatado.....	475
13-4. Oxidación anódica.....	477
13-41. Generalidades.....	477
13-42. Naturaleza y método de la oxidación anódica.....	477
13-43. Formación y propiedades de las capas.....	479
13-44. Materiales.....	483
13-45. Elección del material.....	483
13-46. Campos de aplicación.....	485
13-47. Tratamientos en la fábrica.....	486
13-48. Ejecución de la oxidación anódica.....	490
13-49. Capas de óxido formadas anódicamente como soportes de sustancias sensibles a la acción de la luz..	494
13-5. Métodos de abrillantado.....	494
13-51. Métodos electrolíticos de sacar brillo.....	495
13-52. Métodos químicos de abrillantado.....	496
13-6. Teñido químico.....	497
13-61. Recetas para la tinción química del aluminio.....	497
13-7. Recubrimientos metálicos.....	501
13-71. Chapados por laminación.....	501
13-72. Galvanizado.....	503
13-73. Procedimientos de inmersión y decocción.....	505
13-74. Proyección de metales.....	506
13-8. Pinturas.....	506
13-81. Uso de las pinturas.....	507
13-82. Limpieza y desengrasado.....	507
13-83. Preparación de la superficie.....	507
13-84. Imprimación.....	508
13-85. Pintura que actúa como cubierta.....	509
13-86. Lacas a estufa o de cocción.....	510
13-87. Casos especiales.....	510
13-88. Pinturas para las construcciones navales.....	511
13-89. Renovación de las pinturas.....	511
13-9. Limpieza y conservación.....	512
13-91. Agentes de limpieza y desengrasado.....	512
13-92. Limpieza a mano.....	514
13-93. Limpieza mecánica (con máquinas).....	514
13-94. Indicaciones para algunos grupos de consumidores.....	515

14. MATERIALES COMPUESTOS (MIXTOS) Y RECUBRIMIENTOS NO METÁLICOS

14-1. Aluminio/contrachapeado de madera.....	529
14-2. Aluminio/plásticos.....	529
14-3. Aluminio/gomas.....	530
14-4. Aluminio con recubrimientos de fibras, o sustancias en forma de polvos o granos.....	530
14-5. Recubrimientos contra ruidos.....	530
14-6. Esmaltados.....	531

15. FUNDAMENTOS GENERALES

15.	Fundamentos generales	533
15-1.	Evaluación de las propiedades específicas.....	533
15-11.	Peso pequeño.....	534
15-12.	Estabilidad química e inocuidad higiénica	534
15-13.	Elevada conductividad térmica.....	535
15-14.	Buenas propiedades radiantes.....	535
15-15.	Elevada conductividad eléctrica.....	535
15-16.	Ausencia de producción de chispas e incombustibilidad.....	536
15-17.	Neutralidad magnética.....	536
15-18.	Facilidad de elaboración.....	536
15-2.	El aluminio como material de construcción.....	537
15-21.	Campos y límites de aplicabilidad.....	537
15-22.	Elección de los materiales según su deformabilidad y facilidad de trabajo.....	538
15-3.	Construcciones ligeras, económicas.....	542
15-31.	Construcciones ligeras moldeadas.....	542
15-32.	Factores de seguridad.....	547
15-33.	Ahorro de peso	552
15-4.	Indicaciones acerca de los precios.....	552
15-41.	Valores aproximados para las relaciones de precios en las aleaciones forjables.....	553

16. CÁLCULOS Y CONFIGURACIÓN O MODELADO

16-1.	Influencia de las propiedades.....	555
16-11.	Módulo-E.....	555
16-12.	Formación de muescas o entalladuras.....	555
16-13.	Resistencia a la presión.....	556
16-14.	Resistencia al desgaste.....	556
16-15.	Dilatación térmica.....	556
16-16.	Resistencia al calor.....	556
16-17.	Estado.....	556
16-18.	Potencial de disolución.....	556
16-19.	Comportamiento químico	557
16-2.	Construcción de maquinaria en general.....	557
16-21.	Coefficientes de seguridad.....	557
16-22.	Esfuerzo de tracción.....	558
16-23.	Esfuerzos de compresión y flexión.....	558
16-24.	Esfuerzos de flexión.....	561
16-25.	Esfuerzos de cizalla.....	563
16-26.	Deformaciones locales (formación de abolladuras)	563
16-27.	Tensiones de origen térmico	563
16-28.	Esfuerzos debidos a fuerzas de inercia.....	565
16-29.	Tensiones variables.....	565
16-3.	Uniones mediante remaches y tornillos.....	566
16-31.	Uniones remachadas.....	566
16-32.	Uniones mediante tornillos.....	575
16-4.	Uniones soldadas.....	575
16-41.	Resistencia.....	577
16-42.	Estabilidad química	580
16-43.	Construcciones soldadas.....	580
16-44.	Economía de los procedimientos de soldadura.....	584
16-5.	Construcciones elevadas y grúas.....	586
16-51.	Materiales	586
16-52.	Ejecución.....	587
16-53.	Tensiones tolerables σ_{zul} propuestas.....	588
16-54.	Piezas de construcción sometidas a compresión.....	589
16-55.	Flexiones.....	590
16-56.	Protección del fuego	590
16-6.	Recipientes resistentes a las presiones altas.....	590
16-7/8.	Directrices para las operaciones de configuración (dar forma).....	591
16-7.	Piezas prensadas.....	591
16-71.	Piezas extruidas.....	591
16-72.	Piezas obtenidas por extrusión por impacto.....	596
16-8.	Piezas de fundición.....	596
16-81.	Fundición con moldes de arena.....	596
16-82.	Fundición con coquilla.....	603
16-83.	Fundición a presión.....	603
16-84.	Fundición compuesta/Al-Fin.....	609
16-9.	Construcciones mixtas	610
16-91.	Generalidades sobre las construcciones mixtas	610
		611
		612

17. HOJAS DE ALUMINIO, PANES DE ALUMINIO Y BANDAS DELGADAS

Página

17-1.	Hojas de aluminio (papel de aluminio).....	616
17-11.	Rasgos característicos.....	619
17-12.	Obtención.....	620
17-13.	Propiedades.....	620
17-14.	Ennoblecimiento (Decoración).....	625
17-15.	Almacenamiento.....	627
17-16.	Métodos de unión.....	628
17-17.	Aplicaciones.....	630
17-18.	Aislamientos mediante hojas de aluminio.....	631
17-2.	Panes de aluminio.....	632
17-3.	Bandas delgadas de aluminio según DIN 1793 y 1784.....	632

18. ALUMINIO EN POLVO. PURPURINAS DE ALUMINIO

18-1.	Aluminio en polvo.....	635
18-2.	Colores de aluminio.....	636

19. EMPLEO DEL ALUMINIO PARA ENNOBLECER OTROS MATERIALES

19-1.	El aluminio como componente de las aleaciones.....	641
19-11.	Acero y hierro.....	641
19-12.	Cobre.....	642
19-13.	Cinc.....	643
19-14.	Estaño.....	643
19-15.	Magnesio.....	643
19-16.	Titanio.....	644
19-2.	El aluminio como capa de recubrimiento.....	644
19-21.	Aluminado por proyección (Spritz veraluminado y alitado por proyección (Spritz alitado).....	644
19-22.	«Alitado con polvo.....	646
19-23.	Aluminado y alitado por inmersión.....	647
19-24.	Chapado por laminación.....	649
19-3.	Desoxidación del acero.....	649
19-4.	Aluminotermia.....	650

20. EL ALUMINIO EN ELECTROTECNIA

20-1.	Generalidades.....	653
20-11.	Materiales.....	653
20-12.	Productos semiacabados.....	654
20-13.	Idoneidad para fabricar conductores.....	658
20-14.	Uniones (conexiones).....	659
20-15.	El aluminio como material de construcción pasivo.....	663
20-2.	Máquinas y aparatos eléctricos.....	663
20-21.	Rotores en cortocircuito.....	664
20-22.	Bobinas aisladas.....	668
20-23.	Métodos para la conexión de hilos.....	668
20-3.	Instalaciones de distribución.....	670
20-31.	Materiales.....	670
20-32.	Propiedades y dimensionado de los conductores.....	670
20-33.	Conexiones.....	671
20-34.	Colocación.....	673
20-35.	Instalaciones especiales.....	673
20-37.	Tablas de las cargas que pueden soportar las barras de aluminio de conducción de corriente.....	674
20-4.	Conducciones al aire libre.....	679
20-41.	Materiales para la construcción de cables.....	679
20-42.	Propiedades de los cables.....	680
20-43.	Aptitudes y elección de los tipos de construcción de los cables.....	686
20-44.	Tendido.....	686
20-45.	Protección contra las vibraciones.....	689
20-5.	Cables de aluminio.....	690
20-51.	Conductores de aluminio.....	690
20-52.	Fundas de aluminio para cables.....	696
20-6.	Construcción de bajadas de pararrayos.....	697
20-61.	Comparación de las bajadas de pararrayos.....	698
20-7.	El aluminio en la técnica de la telefonía.....	698
20-71.	Propiedades relacionadas con la alta frecuencia.....	698
20-72.	Aplicaciones.....	700

21. APÉNDICE

21-1.	Resumen de Normas referentes al aluminio.....	708
	Resumen de Normas sobre los productos semiacabados del aluminio puro.....	712
	Resumen de Normas sobre los productos semiacabados de aleaciones del aluminio.....	713
21-2.	Aluminio puro y aluminio purísimo (Normas).....	714
21-21.	DIN 1712 Hoja 1. Aluminio de primera fusión.....	714
21-22.	DIN 1712 Hoja 3. Aluminio puro en forma de productos semiacabados.....	715
21-23.	DIN 1712 Hoja 4. Aluminio purísimo.....	716
21-3.	Aleaciones de aluminio (Normas).....	717
21-31.	DIN 1725 Hoja 1. Aleaciones forjables de aluminio.....	717
	DIN 1732. Aleaciones para la soldadura autógena y para la soldadura con pastas de soldar para los metales ligeros.....	724
21-32.	DIN 1725 Hoja 2. Aleaciones de fundición de aluminio.....	725
21-4.	Hojas de Normas para los productos semiacabados, dimensiones y tolerancias.....	734
	DIN 1753 Láminas de aluminio puro (técnico).....	734
	DIN 1769 Barras planas de aluminio puro (técnico) y de aleaciones forjables de aluminio.....	736
	DIN 1770 Vigas (barras) planas de aluminio puro técnico y de aleaciones forjables de aluminio.....	738
	DIN 1783 Láminas de aleaciones forjables de aluminio.....	740
	DIN 1784 Flejes de aleaciones forjables de aluminio.....	741
	DIN 1793 Flejes o bandas de aluminio puro (técnico).....	742
	DIN 1794 Tubo de aluminio.....	744
	DIN 1795 Tubos de aleaciones maleables de aluminio.....	746
	DIN 1796 Barras de aluminio puro y de aleaciones forjables de aluminio de sección cuadrada.....	749
	DIN 1797 Barras de aluminio puro y de aleaciones forjables de aluminio puro de sección hexagonal..	750
	DIN 1798 Barras de aluminio puro y de aleaciones forjables de aluminio de sección circular.....	751
	DIN 1799 Barras de aluminio puro y de aleaciones maleables de aluminio de sección circular.....	753
	DIN 9711 Dimensiones fundamentales correspondientes a las barras de perfiles prensados.....	754
	DIN 1771 Perfiles en L.....	755
	DIN 9712 Perfiles en I.....	758
	DIN 9713 Perfiles en U.....	760
	DIN 9714 Perfiles en T.....	762
21-5.	Tabla de pesos.....	764
21-6.	Pesos y medidas.....	769
21-7.	Tablas de transformación.....	772
21-8.	Constantes físicas y químicas.....	778

22. BIBLIOGRAFÍA

22-1.	Metalurgia extractiva.....	785
22-2.	Metalurgia.....	785
22-3.	Metalografía.....	786
22-4.	Análisis.....	786
22-5.	Ensayo de materiales.....	786
22-6.	Tecnología.....	786
22-7.	Superficies.....	787
22-8.	Aplicaciones.....	788
22-9.	Economía.....	789
22-10.	Historia.....	789
22-11.	Diccionarios.....	789
	Revistas sobre metalurgia.....	789
	Índice alfabético.....	791